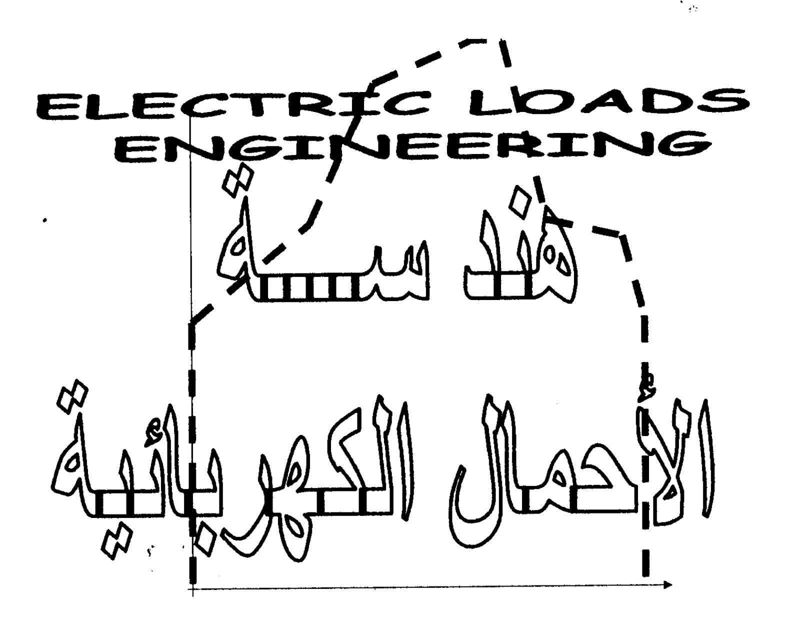


تأليف

أ. د. محمد محمد حامد

أستاذ هندسة القوى الكهربية

القاهرة - العام 2007

محتويات الكتاب

مقدمة 5

الفصل الأول : الأحمال القياسية 7

1-1: الأحمال الصناعية 7
1-2: الأحمال الزراعية 16
1-3: الأحمال التجارية 21
1-4: الأحمال المنزلية 25
1-5: أحمال الخدمات 28
1-6: الأحمال الإدارية 33

الفصل الثاني : الأحمال الكلية 37

2-1: البيانات الأساسية 37
2-2: الأحمال الكلية القياسية 38
2-3: المعاملات الفنية لمنحني الأحمال 43

الفصل الثالث: تصنيف الأحمال 59

3-1: الأحمال النوعية 59
3-2: الأحمال التوقيتية 62
3-3: تقييم الأحمال 78

الفصل الرابع: توزيع الأحمال 81

4-1: أسس توزيع الأحمال 81
4-2: تصميم الرسم بمحنيات الأحمال 92
4-3: الأحمال التوافقية 98

الفصل الخامس: تحليل إحصائي لمنحنيات الأحمال 103

5-1: القراءات الإحصائية 104
5-2: الحمل المتوسط 107
5-3: الأوزان الحملية 118

الفصل السادس: الربط الكهربائي 123

6-1: مبادئ الربط الكهربي 123
6-2: الربط الداخلي 125
6-3: الربط الجغرافي 126
6-4: أنواع الربط الكهربي 139
6-5: الربط الكهربي العربي 143
6-6: الربط الكهربي الدولي 147

الفصل السابع: تطبيقات متنوعة 149

7-1: أحمال نمطية 149
7-2: أحمال تكرارية 155
7-3: أسئلة وتمارين 167

الفصل الثامن: تسعير الطاقة الكهربية 181

8-1: الأحمال العربية 182
8-2: التعريفة الكهربية 186
8-3: التسعير على الحمل 192
8-4: تصحيح الأسعار 199

المراجع 213

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

تتفاقم الكميات المستهلكة - من الطاقة بشكل عام ومن الطاقة الكهربية بصفة خاصة - بصورة متزايدة في جميع الدول بكل مستوياتها التقنية والاقتصادية، وذلك بالإضافة إلي الإرتفاع الحاد في نسبة الاعتماد علي الأجهزة الكهربية لخدمة البشرية في كافة الميادين. كما أنه قد صاحب ذلك حالتين من التغير الهام وهما: أولا الشكل العام للاستهلاك اليومي من الطاقة الكهربية وثانيا هي نسبة التداخل بين النوعيات المختلفة من الأحمال الكهربية. إنطلاقا من هذا المعني يقدم هذا الكتيب شرحا علميا وهندسيا لهذين المحورين مع تغطية كل الموضوعات ذات العلاقة معهما مبينا مدي أهمية التعامل مع هذه الموضوعات سواء في مجال التخطيط أو التصميم الهندسي.

نظرا لأن الأحمال الكهربية تعد محورا للتعامل مع المستهلك سواء كان من المشتركين الكبار أو من صغار المستهلكين فقد جاء الكتاب شرحا وتفصيلا بجزئيات العمل الحملي وما ينتج عنه من آثار مما يستدعي معه النظر إلي التعامل مع الأحمال الكهربية وتحديد مدي إعتمادها علي التعريفة الكهربية وما مدي تأثيرها علي التعريفة من النظرة العكسية. كما تم وضع العديد من النوعيات من التعريفة الكهربية في بعض البلدان العربية ومقارنة التعامل مع الأحمال الكهربية بنظرة متقدمة لكيفية العمل علي توحيد أو عدم توحيد التعريفة الكهربية.

من الجهة الأخري تناول الكتيب موضوع الربط الكهربي ومدي علاقته بالأحمال الكهربية مع وضع المحاور والضروريات الأساسية في مجال الربط الكهربي بين الدول العربية. جاء موضوع الربط الكهربي العربي كمقدمة للربط الدولي كهربيا كما تطرق الكتاب بشكل ما للتأثيرات الجغرافية من جهة الأحمال الكهربية عموما.

يعتبر هذا الكتاب نافعا للمهندسين العاملين في مجال التخطيط والتصميم والتنفيذ بشكل خاص ولمهندس الكهرباء عموما، كما يهم كل طلاب الدراسات العليا بكليات الهندسة والمعاهد العليا بالإضافة إلي انه مفيد ويعتبر أداة جيدة يستفيد منه الطلاب في كليات الهندسة والمعاهد الفنية وكذلك المدارس الفنية وهو مبسط لدرجة كبيرة مساهما في

إزالة عثرات اللغة الأجنبية والتعامل المباشر مع أدق البيانات باللغة العربية ويعين علي الفهم.

عولجت الموضوعات التي وردت في الكتاب بأسلوب مبتكر لم يسبق تناوله بنفس السياق والمغزي المعتاد إتبعاه في الكتب والمراجع العلمية بأي من اللغات بما فيهم العربية. كما تبسط الكتاب في عرض الموضوعات وتناول الشرح والتفصيل في الكثير من الأحيان. من الجاني الآخر أظهر الكتاب بعضا من الأمثلة وطريقة الحساب الرياضية إضافة إلي الشرح بأسلوب الجداول الرقمية جنبا إلي حنب مع المنحنيات والرسم في كثير من الحالات مما يعطي القارئ الجرعة التوضيحية التي تساعد علي الفهم بوضوح، وأرجو أن أكون قد تبعت قول الله جل جلاله:

بسم الله الرحمن الرحيم

(وما توفيقي إلا بالله)

صدق الله العظيم

المؤلف

الأحمال القياسية STANDARD LOADS

تعتمد أعمال التخطيط planning علي دراسة كل ما هو متوقع مستقبلا طبقا للقواعد المنظمة لبناء الهيكل ذاته، ويزيد علي ذلك أن نوضع في الاعتبار كل المفاجات والتوقعات غير المنتظمة لكل الاحتمالات probabilities المنتظرة مستقبلا أو تلك الطارئة التي قد تحدث في القرن مرة أو حتي تلك الإحتمالات غير المتوقعة ولكن قد تتواجد علي الساحة بشكل عام. تختلف هذه الأعمال بنظرة شاملة حسب النوعية المطلوبة للدراسة. حيث أننا بصدد الشبكات الكهربية electric networks فتوجه إلي الأحمال الكهربية electric loads والتي تعني الكثير للمصمم غير أنها لم تلقي الاهتمام الكافي الذ تستحقه لما لها من أهمية بالغة في وضع الخطط المناسبة كي تتواكب الشبكات مع الأحمال المغذية لها. تحصل هذه الأحمال علي وزنها من الشرح والتفصيل في هذا الفصل حيث نضع"القاعدة العامة للتعامل معها ومن ثم نتلاقي من أساس التواجد الحملي بمعناه الكهربي الشامل، وهنا نجد أنفسنا مضطرين للخوض في الفروع الأصلية لها بل والبدء من حيث المعني والمغزى.

تعبر الأحمال الكهربية تحديدا عن قيمة الكمية الكهربية Electric amount التي تتم دراستها أو الكمية المعنية بصرف النظر عن أنها طاقة energy أو قدرة power أو غيرهما، ويتسع الأفق في هذا المجال عندما يكون الحديث عن الأحمال بصورة مطلقة كهربية أم غيرها، فنجدها تأخذ نفس المعني سواء كانت أحمال أوزان علي الكباري والجسور bridges فنجدها تتمثل بكميات الوزن المارة عليه سواء كانت وزن weight أو عزم moment أو غيرهما ولنفس الحمل. أما في تخصص آخر مثل المرور traffic فتعني الأحمال تلك الكميات أو عدد السيارات المارة وعندما ننتقل إلي الهاتف telephones فنجد أنها تمثل أعداد المكالمات التي تتم في أن واحد ثم انتشار هذه المكالمات مع الزمن، والتحليل هنا يصلح من حيث المبدأ لأي تخصص ما دام التعبير عن هذه الأحمال داخل كل مجال يدور بنفس الأسلوب، ولهذا نجد أن التعميم جوهري حتى نحصل علي أقصى مفهوم شامل وصحيحا هندسيا.

أن كلمة أحمال loads تشمل المعني أي أنها تتكون من أحمال ولذلك نذكر مكوناتها الأصلية بمسمى "الأحمال القياسية standard loads" حيث أنها تمثل أحمالا بالفعل قياسية الطابع نمطية المعني وبهذا نصل إلي المعني تحديدا حيث يجب البدء في دراسة الأحمال كلها من هذه الأحمال القياسية.

هكذا نجد البداية بالنسبة للأحمال الكهربية بتصنيف الأحمال القياسية بصرف النظر عن قيمتها فنأخذها تبعا للتحميل الكهربي كنسبة منوية من القيمة القصوى للحمل ومن ثم نسميها أحمالا قياسية مطلقة لأنها بدون وحدات هندسية أو فنية، وهذا ما سوف نسرده في الفقرات التالية حيث نأخذ ستة أصناف من تنويع الأحمال القياسية لنتدارسها ليصبح معها مفهوم الأحمال القياسية واضحا جليا لا يحتاج إلي المزيد من الشرح. هذه الأحمال القياسية هي الأساس لكل نوعيات الأحمال التي تقع بعينها علي الشبكة الكهربية وبهذا نحتاج إلي فهمها وتفهما معني ومبدأ مع المنطق الهندسي للتعامل معها بشكل تقني وهندسي.

1-1: الأحمال الصناعية Industrial Loads

تمثل الأحمال الصناعية أهم النوعيات القياسية بالنسبة لكافة الأحمال لما تتصف به من مزايا مؤثرة بين بقية الأحمال القياسية، فمنها تلك الأحمال الخاضعة لأعمال الصناعة بشكل عام ومنها أحمالا تتأثر من بعض الصناعات وبها تتم عمليات التصنيع المختلفة لبعض آخر. لذلك نحتاج في التعامل معها إلي التركيز والتوضيح لهذه المعاني مما يجعلنا مضطرين بأن نضعها في شكل أكثر تفصيلا علي النحو التالي:

أولا: مصانع كيميائية Chemical Industry

المصانع الكيميائية تعبر عن الصناعات الكيميائية أو تلك الصناعات التي تعمل بأسس كيميائية فمنها منتجات المواد الكيميائية أو البويات أو الأدوية وغيرهم وحيث أن هذه النوعية من الصناعات لها من الأهمية التي تخدم العديد من المجالات وما لها من أهمية من جهة الإنتاج فهي أيضا تتداخل مع بعض الصناعات الأساسية والتي قد تصل إلي حد الخطورة أحيانا، وعادة ما يكون لها النمط الثابت لتغير الأحمال علي المدار اليومي كما في الجدول رقم 1-1.

جدول رقم 1- 1: الأحمال الصناعية الكيميائية القياسية

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	80	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	100
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	100	95	90	90	90	100	100	100	100	95	95	90

ثانيا: مصانع إنتاجية Production Factories

المصانع الإنتاجية تعبر عن كل الصناعات التي تتم فيها العمليات الصناعية بالأسلوب الإنتاجي مثل مصانع الملابس الجاهزة أو مصانع العبوات المختلفة أو تلك المصانع التي تقدم المنتج للمستهلك بشكل عام. كما أن هذه الأحمال تتصرف بشكل شبه موحد وثابت فنجدها زمنيا تتنوع علي مدار اليوم الواحد إما أن تتوحد أو لا وفي جميع الأحوال فهذه الصناعات تأخذ ثلاث مستويات من الطاقة الكهربية المستهلكة فنجد منها ما هو مثل النظام ثلاثي الوردية فهي نهارا ومن بداية الوردية الأولي ومن السابعة صباحا تصل إلي قمة الاستهلاك وينخفض مع انتهاء إلي نسبة أقل 90 % لفترة محدودة في أغلب الأوقات يكون فيها العمل علي مستوي أدق لكل ما تم إنتاجه نهارا فتعود إلي أعلي استهلاك ثم تنخفض ليلا وحتى الصباح وتدور الدورة الزمنية يوميا بنفس الأسلوب ولذلك يكون التغير في الأحمال الكهربية فيها ضئيلا ولا يمثل وزنا ذو تأثير داخل الشكل العام للحمل الكهربي.

علي الجانب الآخر يكون الأداء في مثل هذه المصانع في أغلب الأوقات بنظامين هما إما بنظام الثلاث ورادي أي 3 × 8 ساعات أو بنظام الورديتين أي 2 × 8 ساعات، وهو ما نضعة موضحا بالساعات في الجدول رقم 1-2 مما يجعلنا نشعر بالفرق بين الحالتين.

جدول رقم 1- 2: الأحمال الصناعية القياسية بنظام الورادي (الثنائية والثلاثية)

ساعة		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	2	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100
	3	70	70	70	70	70	70	70	100	100	100	100	100
ساعة		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	2	100	100	100	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	3	100	100	100	70	70	70	70	70	70	70	70	70

ثالثا: صناعات ثقيلة Heavy Industry

الصناعات الثقيلة تمثل تلك الصناعات الضخمة في المعني أي تلك الصناعات التي تستهلك من الطاقة الكهربية كميات هائلة ودائمة، وهذا يعني صناعات هامة ورئيسية مثل الحديد والصلب أو الألومونيوم أو الأسمدة وغيرها. هذه النوعية تكون غير متغيرة تقريبا من ناحية الاستهلاك الكهربائي إلا في أضيق الحدود فتأخذ مستويين هما القيمة القصوى والنزول إلي الأدني إستهلاكا تخفيضا بقيمة 25 % كما نراها في الجدول رقم 1-3 حيث الأحمال 100 % نهارا ثم 75 % ليلا وهو الأمر الذي قد يعتبره البعض نظام الورادي بنظام الورديتين.

جدول رقم 1- 3: الأحمال الصناعية الثقيلة القياسية

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	75	75	75	75	75	75	75	75	100	100	100	100
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	100	100	100	100	75	75	75	75	75	75	75	75

رابعا: صناعات خفيفة Light Industry.

هذه النوعية من الصناعات منتشرة بكثرة وتعمل علي كافة المستويات سواء القطاع العام أو الخاص ذلك لأنها تعمل مع كافة المجالات وبمعدلات بسيطة ولا تستهلك من القدرة الكهربية الكميات الضخمة وتكاد تكون الطاقة مهملة في بعض الحالات. فهي تشمل

الصناعات الكهربية الإلكترونية مثل المذياع والتليفزيون ومكونات الكمبيوتر وملحقاته وغير ذلك من الدوائر التكاملية والمطبوعة وهكذا فهي تعبر عن قطاع كبير شامل من الصناعة وتعمل غالبا في فترة عمل واحدة وهي الفترة الصباحية. وهي تعمل فترة نهارية بمعدل 100 % لنصف المدة وحوالي 80 % منها في الباقي كما هو مجدولا في الجدول رقم 1-4 بينما باقي اليوم بلا عمل.

جدول رقم 1- 4: الأحمال الصناعية الخفيفة القياسية

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	80	80
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	100	100	100	100	100	80	80	80	0	0	0	0

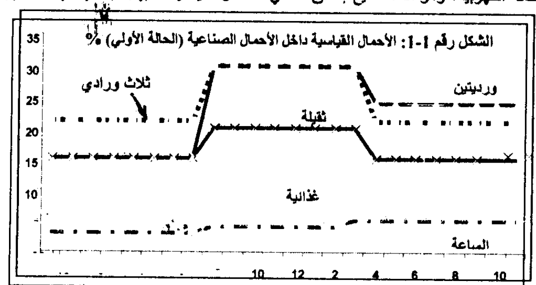
خامسا: الصناعات الغذائية Food Industry

تخص هذه النوعية من الصناعات تلك الصناعات التي تتعامل مع الأغذية وقد ظهرت في القرن الماضي نتيجة للتقدم العلمي وظهور أساليب متطورة لتخزين الغذاء أو تجهيزه، ومن ثم كان التعامل مع هذا القطاع الصناعي يحتاج إلي أسلوب موحد. في الصناعات الغذائية وهي التي كثرت وتزايدت في العقود الأخيرة فهي تستهلك القسط الأكبر من حياة البشرية علي البسيطة مما يضعها في مقدمة الصناعات الحديثة بعد تكنولوجيا الإلكترونيات والإتصالات والمعلومات ولهذا أدخلت هذه الصناعة نفسها داخل الوسط الصناعي وبشكل فعال رغم أنف الجميع، ولذلك أصبحت أساسية بالنسبة للصناعة، ويدخل في إطار الصناعات الغذائية التعليب الغذائي من الصلصلة والمياه الغازية والهامبورجر والمأكولات نصف المطهية والسريعة وغيرها، ونري في الجدول رقم 1-5 التسلسل الجملي لهذه النوعية من الأحمال.

جدول رقم 1- 5: أحمال الصناعات الغذائية القياسية

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	60	60	60	60	60	60	60	60	80	80	80	80
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	80	80	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100

من هذا المنطلق وعلي أساس التصرفات الهندسية المتشابهة يكون ممكنا أن نضع أشكالا نمطية للتصرف الكهربائي من الناحية الفنية وكيفية استهلاك كل منها للطاقة الكهربية، وهو ما نستطيع إطلاق مسمي الأحمال القياسية عليها. نجد الإستهلاك الكهربي للصناعات الغذائية كما في الجدول رقم 1-5 بينما يوضح الجدول 1-2 التغير النمطي للأحمال القياسية لنظم الوردية المعمول بها عالميا وفي مصر وكافة البلدان العربية أيضا سواء تلك الثلاثية أو الثنائية.



الشكل رقم 1-1: الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الأولي)

في الحقيقة تتجمع هذه النوعيات المختلفة من الأحمال القياسية وبالشكل الأساسي لتغيرها الزمني المشار إليه ولكن بنسب متباينة وتعتمد هذه النسب فيما بينها علي طبيعة المكان أو الموقع أو المدينة أو القرية فمثلا في المناطق الصناعية نجد أن نسبة الحمل الكهربائي بالطابع الصناعي أكثر من غيره لأن نسبة تواجده بين بقية الأحمال كبيرة وفي المناطق الصناعية ذاتها تتفاعل طبيعة الأعمال الصناعية من كيميائية إلي ثقيلة أو خفيفة حسب الأحوال ولذلك كان من الواجب علينا دراسة التأثيرات

المختلفة لطبيعة الأحمال الكهربية عندما تتباين هذه الأحمال بقيمتها فيما بينها داخل الإطار الصناعي ذاته كما نري في الجدول رقم 6-1 بعضا من هذه النسب للدراسة والتحليل.

ان كل هذه النوعيات تندرج تحت مسمي الصناعات مما يمكننا أن نستنتج لها نمطا أستهلاكيا موحدا للطاقة الكهربية وهو ما نطلق عليه أسم الأحمال القياسية الصناعية كما في الجدول رقم 1-6. لما كانت هذه الأحمال تأخذ توزيعا متباينا بين بعضها البعض تبعا لكل حالة فقد قدم الجدول ستة حالات مختلفة لدراستها وتوضيح الأداء النمطي للأحمال الصناعية بشكل عام.

جدول رقم 1- 6: النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية

الحالة	خفيفة	كيميائية	ثلاث ورادي	ورديتين	ثقيلة	غذائية
الأولي	10	5	30	30	20	5
الثانية	20	00	10	10	40	20
الثالثة	20	10	20	20	10	20
الرابعة	10	20	30	20	00	20
الخامسة	20	20	00	20	20	20
السادسة	30	20	10	20	10	10

نجد الآن النسب المختلفة بين الأحمال القياسية المختلفة داخل الحمل الصناعي قد جاءت في ستة مجموعات ولكل من هذه الحالات الستة نري التجميع الشامل لكل حالة ففي الحالة الأولي حيث أحمال الوردية تصل إلي 60 % بجانب الصناعة الثقيلة 20 % تعطي انطباعا عن موقع صناعي من الدرجة الأولي، حيث نوعية الصناعة ومدة عملها فنري الحمل الإجمالي من الناحية القياسية المطلقة لغالبية الأحمال الداخلة في هذه الحالة كما ورد في الشكل رقم 1-1.

جدول رقم 1-7: بقية الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الأولي)

الساعة	خفيفة	كيميائية	الساعة	خفيفة	كيميائية	الساعة	خفيفة	كيميائية
12	0	4	8	8	5	4	10	4,5
1	0	4	9	8	5	5	8	5
2	0	4	10	8	5	6	8	5
3	0	4	11	8	5	7	8	5
4	0	4,5	12	10	5	8	0	5
5	0	4,5	1	10	4,75	9	[illegible]	4,75
6	0	4,5	2	10	4,5	10	0	4,75
7	0	5	3	10	4,5	11	0	4,5

هذا يشير إلي الشكل النمطي للأحمال في هذه الحالة ويعبر بشكل عام عن ما هو متوقع عند بناء المواقع من هذا الطابع فتفيد إلي حد كبير في التخطيط لإنشاء الشبكات الكهربية. أما بقية الأحمال داخل الأحمال الكلية في الحالة الأولي فقد ظهرت في الجدول رقم 1-7.

أخيرا جاءت أحمال الحالة الأولي كامة مجمعة في الجدول رقم 1-8 حيث وصل الحمل الأقصي إلي 99 % في زمنين مختلفين هما الساعة 12 والساعة 3 مما يوضح أن تغير الأحمال يظهر نتيجة للتغير في نسبة تواجد الأحمال الأصلية.

جدول رقم 1- 8: إجمالي الأحمال الصناعية القياسية (الحالة الأولي)

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	58	58	58	58	58,5	58,5	58,5	95	97	97	97	97
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	99	98,75	98,5	99	79,5	78	78	.78	70	69,75	69,75	69,5

لما كان من المهم أن تكون الأحمال القياسية مؤسسة علي الحمل الأقصي 100 % فأصبح من الضروري تحويل هذه القيمة الأقصي التي حصلنا عليها وهي 99 % لتصبح 100 % ومن ثم يكون تحويل كل القراءات الموجودة في الجدول علي أساس المعادلة:

$$\text{القراءة الجديدة} = \frac{\text{القراءة الأصلية}}{0.99} \qquad (1\text{-}1)$$

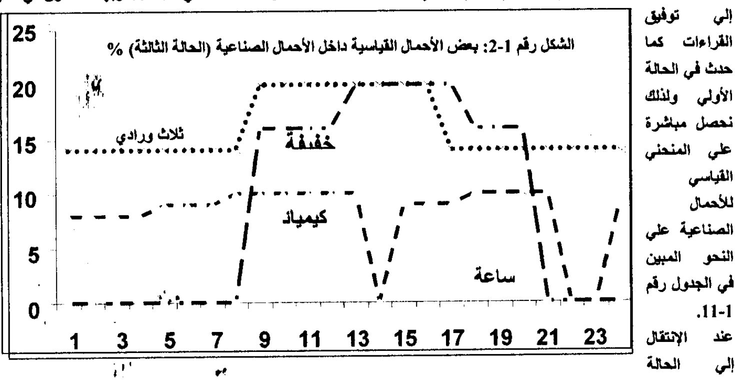
من ثم نحصل علي القراءات الجديدة كما جاءت في الجدول رقم 1-9 ممثلة للأحمال القياسية الصناعية في الحالة الأولي أي بعد توفيق القراءات بالإستعانة بالمعادلة رقم 1-1.

جدول رقم 1- 9: إجمالي الأحمال الصناعية القياسية (الحالة الأولي) بعد توفيق المنحني

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7
حمل %	58,3	58,3	58,3	58,3	58,8	58,8	58,8	59,3
ساعة	8	9	10	11	12	1	2	3
حمل %	97,5	97,5	97,5	97,5	100	99,2	99,5	100
ساعة	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	79,9	78,4	78,4	78,4	78,4	70,1	70,1	69,8

أما مع الحالة الثانية حيث ترتفع نسبة الصناعة الثقيلة إلي 40 % فنري النتائج ذاتها ولكن لجميع الأحمال القياسية الداخلية قد تحولت إلي الشكل المبين في الجدول رقم 1-10 حيث نري الفارق بين الحالتين الأولي والثانية بشكل ملحوظ وإن كان بدرجة بسيطة نتيجة أن الأحمال بالوردية قريبة الشبه من تلك في الصناعة الثقيلة فيكون علينا النظر في التغير التالي.

عند الحصول علي المنحني الإجمالي نجد أن هناك فارقا كبيرا بين هذه الحالة الثانية والحالة السابقة الأولي ففي الحالة الأولي ظهر الحمل الأقصي بقيمة 99 % (جدول رقم 1- 8) أما في هذه الحالة الثانية فقد كان الحمل الأقصي 100 % وبهذا لا نكون في حاجة إلي توفيق القراءات كما حدث في الحالة الأولي ولذلك نحصل مباشرة علي المنحني القياسي للأحمال الصناعية علي النحو المبين في الجدول رقم 1-11. عند الإنتقال إلي الحالة



الثالثة من الأحمال الصناعية نري انخفاضا ملحوظا في الصناعة الثقيلة من حيث المبدأ وتوزيع الفارق علي الوردية والصناعة الخفيفة مما يضع لنا التأثير الفعال عند النزول بمستوي الصناعة الثقيلة، كما هو موضح لبعض الأحمال القياسية في الشكل رقم 1-2.

أما بقية الأحمال الداخلية في هذه الحالة فقد وردت في الجدول رقم 1-12 حيث ظهر تأثير ذلك علي الأحمال الكهربية القياسية صناعية الطابع في هذه الحالة.

جدول رقم 1- 10: الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الثانية)

نوع	خفيفة	ورادي		ثقيلة	غذائية	نوع	خفيفة	ورادي		ثقيلة	غذائية
س		3	2			س		3	2		
12	0	7	5	30	12	12	20	10	10	40	16
1	0	7	5	30	12	1	20	10	10	40	16
2	0	7	5	30	12	2	20	10	10	40	16
3	0	7	5	30	12	3	20	10	10	40	16
4	0	7	5	30	12	4	20	7	8	30	20
5	0	7	5	30	12	5	16	7	8	30	20
6	0	7	5	30	12	6	16	7	8	30	20
7	0	7	5	30	12	7	16	7	8	30	20
8	16	10	10	40	16	8	0	7	8	30	20
9	16	10	10	40	16	9	0	7	8	30	20
10	16	10	10	40	16	10	0	7	8	30	20
11	16	10	10	40	16	11	0	7	8	30	20

جدول رقم 1- 11: إجمالي الأحمال الصناعية القياسية (الحالة الثانية) %

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	54	54	54	54	54	54	54	54	92	92	92	92
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	96	96	96	100	95	81	81	81	65	65	65	65

جدول رقم 1- 12: بقية الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الثالثة)

س	ورديتين	ثقيلة	غذائية	س	ورديتين	ثقيلة	غذائية
12	10	7,5	12	12	20	10	16
1	10	7,5	12	1	20	10	16
2	10	7,5	12	2	20	10	16
3	10	7,5	12	3	20	10	16
4	10	7,5	12	4	16	7,5	20
5	10	7,5	12	5	16	7,5	20
6	10	7,5	12	6	16	7,5	20
7	10	7,5	12	7	16	7,5	20
8	20	10	16	8	16	7,5	20
9	20	10	16	9	16	7,5	20
10	20	10	16	10	16	7,5	20
11	20	10	16	11	16	7,5	20

أما عن إجمالي الأحمال الكلية الصناعية في هذه الحالة فقد جدولت في الجدول رقم 1-13 حيث عادت القيمة القصوي كما كانت في الحالة الأولي أي لم تكن 100 % وبالتالي نكون في حاجة إلي تعديل القراءات تبعا للمعادلة رقم 1-1 كي تكون القراءات ممثلة للأحمال القياسية للحالة الثالثة (الجدول رقم 1-14).

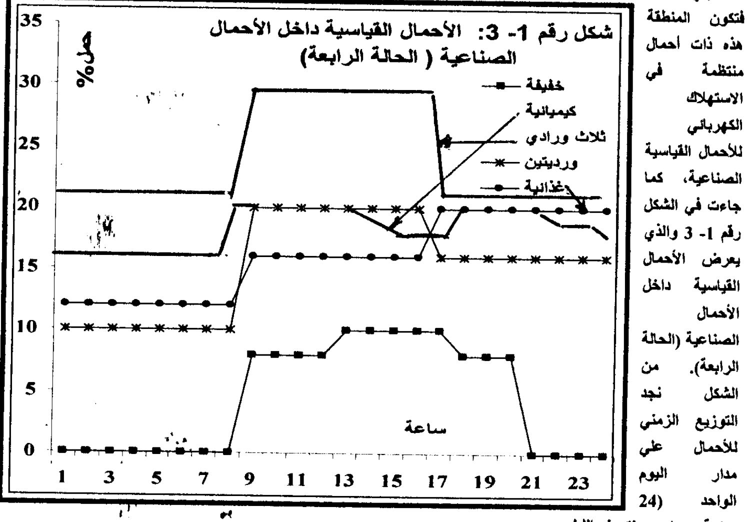
جدول رقم 1- 13: إجمالي الأحمال الصناعية القياسية (الحالة الثالثة) قبل التوفيق

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	51,5	51,5	51,5	51,5	52,5	52,5	52,5	53,5	92	92	92	92
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	96	95,5	95	99	86,5	83,5	83,5	83,5	67,5	67	67	66,5

جدول رقم 1- 14: إجمالي الأحمال الصناعية القياسية (الحالة الثالثة) بعد التوفيق

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	52	52	52	52	53	53	53	53	92,9	92,9	92,9	92,9
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	92,9	96,9	96,5	100	87,4	84,3	84,3	84,3	68,1	67,7	67,7	67

ننتقل إلي الحالة الرابعة حيث تتساوى الأحمال جميعا مع اختفاء أحد الصناعة الثقيلة تماما فنري التعادل التقريبي بين كافة الأحمال فتكون المنطقة هذه ذات أحمال منتظمة في الاستهلاك الكهربائي للأحمال القياسية الصناعية، كما جاءت في الشكل رقم 1- 3 والذي يعرض الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الرابعة). من الشكل نجد التوزيع الزمني للأحمال علي مدار اليوم الواحد (24 ساعة) بدءا من منتصف الليل.



شكل رقم 1- 3: الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الرابعة)

أما إجمالي الأحمال القياسية للحالة الرابعة فقد ظهر في الجدول رقم 1-15 حيث كانت القيمة الأقصي كانت 98 % في تمام الساعة الثالثة عصرا ومن ثم وجب تعديل القراءات بأخري تبعا للمعادلة رقم 1-1 وقد تم إدراج النتائج في ذات الجدول رقم 1-15.

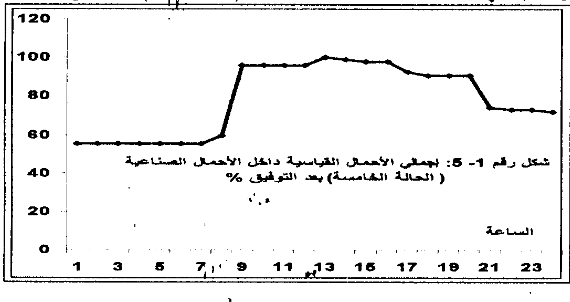
جدول رقم 1- 15: إجمالي الأحمال الصناعية القياسية % (الحالة الرابعة) قبل وبعد التوفيق

ساعة		12	1	2	3	4	5	6	7
حمل	قبل	59	59	59	59	61	61	59	63
التوفيق	بعد	60,2	60,2	60,2	60,2	62,2	62,2	60,2	64,3
ساعة		8	9	10	11	12	1	2	3
حمل	قبل	94	94	94	94	96	95	94	98
التوفيق	بعد	95,9	95,9	95,9	95,9	98	96,9	95,9	100
ساعة		4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	قبل	85	85	85	85	77	76	76	75
التوفيق	بعد	86,7	86,7	86,7	86,7	78,6	77,5	77,5	76,5

في الحالة الخامسة تختفي منظومة واحدة من نظم الوردية وتتوزع الأحمال بالتساوي علي البقية معلنة التشابه مع الحالة السابقة فنري التقارب بين الأرقام المحددة للأحمال في الحالتين كما يؤكد ذلك الجدول رقم 1-16. أما إجمالي الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الخامسة) قبل التوفيق (لأن القراءة الأقصي لا تساوي 100 %) قد تم حصرها كمنحني حملي (الشكل رقم 1-4). تم توضيح القيمة القصوي بالعلامة الكبيرة المميزة لها. أما في الشكل رقم 1- 5 فقد جاءت قراءات إجمالي الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الخامسة) بعد التوفيق إعتمادا علي المعادلة 1-1 مما يبين أنه نفس الشكل السابق ولكن مع تغير القيمة.

شكل رقم 1- 4: إجمالي الأحمل القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحلة الخامسة) قبل التوفيق %

نأتي إلي الحالة الأخيرة فنري زيادة نسبة تواجد الصناعات الخفيفة أي أن هذه الحالة تعبر عن مناطق الصناعات الإلكترونية المتخصصة بشكل عام (جدول رقم 1-17). جدير بالذكر أن هذه الأحمال سوف تستكمل دراستها في الفصل القادم حتى نصل ألي المفهوم الصحيح لأهمية دراسة الأحمال وطرزها وما يطرأ منها حديثا.



شكل رقم 1- 5: إجمالي الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الخامسة) بعد التوفيق %

جدول رقم 1- 16: الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (الحالة الخامسة)

س	خفيفة	كيميائية	ورديتن	ثقيلة	غذائية	س	خفيفة	كيميائية	ورديتن	ثقيلة	غذائية
12	0	16	10	15	12	12	20	20	20	20	16
1	0	16	10	15	12	1	20	19	20	20	16
2	0	16	10	15	12	2	20	18	20	20	16
3	0	16	10	15	12	3	20	18	20	20	16
4	0	16	10	15	12	4	20	18	16	15	20
5	0	16	10	15	12	5	16	20	16	15	20
6	0	16	10	15	12	6	16	20	16	15	20
7	0	20	10	15	12	7	16	20	16	15	20
8	16	20	20	20	16	8	0	20	16	15	20
9	16	20	20	20	16	9	0	19	16	15	20
10	16	20	20	20	16	10	0	19	16	15	20
11	16	20	20	20	16	11	0	18	16	15	20

جدول رقم 1- 17: الأحمال القياسية داخل الأحمال الصناعية (%) (الحالة السادسة)

الساعة	خفيفة	كيميائية	3 ورادي	ورديتين	ثقيلة	غذائية	إجمالي	معدل
12	0	16	7	10	7,5	6	46,5	47,4
2	0	16	7	10	7,5	6	46,5	47,4
4	0	16	7	10	7,5	6	46,5	47,4
6	0	16	7	10	7,5	6	46,5	47,4
7	0	20	7	10	7,5	6	50,5	51,5
8	24	20	10	20	10	8	92	93,9
10	24	20	10	20	10	8	92	93,9
11	24	20	10	20	10	8	92	93,9
12	30	20	10	20	10	8	98	100
1	30	19	10	20	10	8	97	99
2	30	18	10	20	10	8	96	98
3	30	18	10	20	10	10	98	100
4	30	18	7	16	7,5	10	88,5	90,3
5	24	20	7	16	7,5	10	84,5	86,2
6	24	20	7	16	7,5	10	84,5	86,2
7	24	20	7	16	7,5	10	84,5	86,2
8	0	20	7	16	7,5	10	60,5	61,7
9	0	19	7	16	7,5	10	59,5	60,7
10	0	19	7	16	7,5	10	59,5	60,7
11	0	18	7	16	7,5	10	58,5	59,7

2-1: الأحمال الزراعية Agricultural Loads

من أهم الأحمال الثانية والتي تأخذ الصبغة القياسية تأتي الأحمال الزراعية وهي تلك التي يمكن أن تتنوع إلي خمسة أنواع من حيث المبدأ علاوة علي أنه من الممكن أن تنضم إليها أحمالا أخري عديدة خصوصا مع التقدم العلمي الهائل في هذا الميدان ونذكر منها تلك التالية، حيث نجد أن الأحمال القياسية سواء كانت التقليدية القديمة أو تلك الحديثة التي ظهرت في القرن الماضي داخل الأحمال الزراعية قد وضحت في الجدول رقم 1-18.

جدول رقم 1- 18: الأحمال القياسية التقليدية والحديثة داخل الأحمال الزراعية (%)

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
تقليدية	0	0	0	0	80	100	100	100	100	100	100	30
حديثة	20	20	20	100	100	100	100	100	100	100	70	70
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
تقليدية	30	30	30	90	90	80	30	0	0	0	0	0
حديثة	70	70	70	70	70	20	20	20	20	20	20	20

من الجهة الأخري تدخل العديد من النوعيات الزراعية المختلفة أحمالا خصوصا مع التطور العلمي السريع علي الساحة الدولية ومن ثم نجد أن الجدول رقم 1-19 قد أبرز أهم هذه الأحمال شيوعا مثل الصوب الزراعية. من هنا نتوجه بالتوسع إلي حد ما لتحديد طبيعة الأحمال الكهربية لكل من هذه الأنواع خصوصا وأن العالم كله قد كهرب كل المعدات والأدوات المستخدمة بما في ذلك الأدوات الزراعية ومعداتها.

أولا: الزراعة التقليدية Traditional Agriculture

هذه الأحمال تكون تقليدية الطابع وهي الأحمال التي كانت متواجدة علي الساحة الزراعية منذ القدم والتي تعتمد علي نمط الطاقة المستهلكة في هذه النوعية فنري في الجدول رقم 1-18 الشكل الاستهلاكي للطاقة الكهربية اعتمادا علي نظام الزراعة التقليدية والتي تبدأ أعمالها فجرا وتنتهي مع حلول المساء.

ثانيا: الزراعة الحديثة (الميكنة) Modern Agriculture

تمثل الزراعة الحديثة كل النظم الزراعية التي ظهرت مؤخرا نتيجة التقدم العلمي، حيث لجأت أساليب الزراعة نحو الزراعة الشاملة والعامة وتحويل كل أعمال الزراعة إلي الأسلوب الإنتاجي فنجدها قد تسمي الميكنة الزراعية وتأخذ النمط الإستهلاكي المبين في الجدول رقم 1-18 حيث تعمل العمالة الزراعية ليلا ونهارا ولا تتوقف مثل تلك التقليدية.

جدول رقم 1- 19: أهم الأحمال القياسية المستحدثة داخل الأحمال الزراعية

ساعة	صوب	بساتين	استصلاح أراضي	ساعة	صوب	بساتين	استصلاح أراضي
12	0	20	20	12	100	50	20
2	0	20	20	2	50	50	20
4	0	20	50	4	30	50	60
5	50	50	100	5	30	50	60
6	100	100	100	6	30	60	20
7	100	100	100	7	30	70	20
8	100	100	100	8	30	70	20
9	100	100	100	9	30	70	20
10	100	100	100	10	30	70	20
11	100	100	100	11	30	70	20

ثالثا: صوب زراعية Agricultural Cupboard

النظم الحديثة للزراعة في العقود الأخيرة نظرا للحاجة الملحة للإنتاج الزراعي الوفير لتغطية حاجات البشر والناس في كافة أنحاء البلاد فظهرت الابتكارات ومنها صوب زراعية ويكون فيها التغير الكهربائي في الأحمال كما وردت في الجدول رقم 1-19 وإن توقفت فتكون للفترة بسيطة وليس مثل العهد الماضي مما كان يفيد المنتجات الزراعية ويوفرها للمستهلك في كل الأوقات.

رابعا: البساتين الزراعية Agricultural Garden

البساتين تعتبر الأصل الإستثماري زراعيا لما لها من ربح مادي نتيجة التنوع في المنتج عالي السعر ولذلك نجد أن البساتين تمثل رقعة كبيرة من أصل المواقع الزراعية في مصر وفي غالبية الدول العربية علي وجه العموم خصوصا وإنها تدر من الربح الوفير علي ملاكها وقد أصبحت الأحمال الكهربية في كافة الشئون الزراعية ذات أهمية وقيمة عالية فنري هذه النوعية منها في الجدول رقم 19-1 حيث تتوزع علي طول اليوم الواحد استغلالا للزمن والوقت وتوزيعا للعمل والدقة فيه.

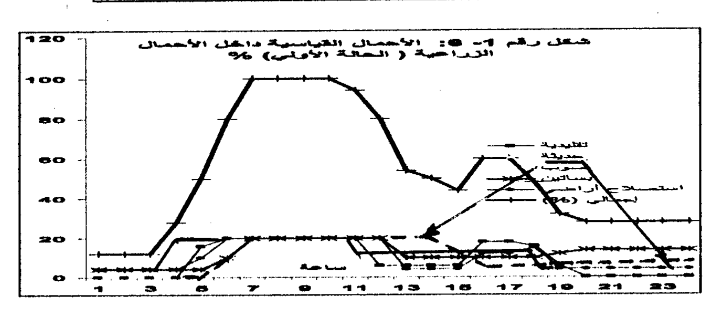
خامسا: أحمال استصلاح الأراضي Land Reformation

ظهرت في مصر أعمال استصلاح الأراضي منذ ثورة يوليو 1952 وقد زادت رقعة الأراضي المستصلحة وما زالت تزداد بل وتدخل في هذا النطاق المشاريع القومية مثل مشروع توشكي في مصر. جدير بالذكر أن هذه الأعمال الزراعية تتطلب أداءا آليا مما يجعل لها من الأحمال الكهربائية التي قد تتطور يوما بعد يوم إلا أنها جميعا تستطلك تلك الطاقة كما هي مبينة في الجدول رقم 1-18 حيث انها تتطور هذه النوعية من الأحمال بصفة مستمرة وأصبحت تختلف عن ذي قبل.

أخيرا نجد أن الجدول رقم 1- 20 قد جدول نسبة تواجد هذه الأحمال كافة في إطار التباين في نسبة المكونات داخل الأحمال الزراعية علي غرار ما تم بالنسبة للأحمال الصناعية فناخذ ستة من الحالات المتباينة لتداخل هذه النوعيات من الأحمال الزراعية كما وردت في الجدول رقم 1-20 بدأ من التساوي التام بين كل الأحمال إلي اختفاء أي منها وغير ذلك.

جدول رقم 1- 20 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال الزراعية

الحالة	تقليدية	حديثة	صوب	بساتين	استصلاح أراضي
الأولي	20	20	20	20	20
الثانية	10	30	30	20	10
الثالثة	10	30	30	30	00
الرابعة	00	40	30	30	00
الخامسة	20	10	10	00	60
السادسة	10	10	10	10	60



من حالة التساوي بين مكونات الأحمال الزراعية القياسية نجد الشكل رقم 1-6 فنري التغير التلقائي لنوعية الأحمال الزراعية بالرغم من أنها أحمال عادة ما تكون ضئيلة داخل الأحمال كافة في المواقع المدنية إلا إنها تكون الأعظم في المناطق الصحراوية حيث استصلاح الأراضي، كما أن الأحمال الزراعية تتزايد يوما بعد آخر لأن التطور العلمي لا يهدأ والهندسة الوراثية تأتي بالثمار الجديدة وتستحدث المزروعات وتزيد منها كما وكيفا وتقدم للبشرية الحديث والمبتكر.

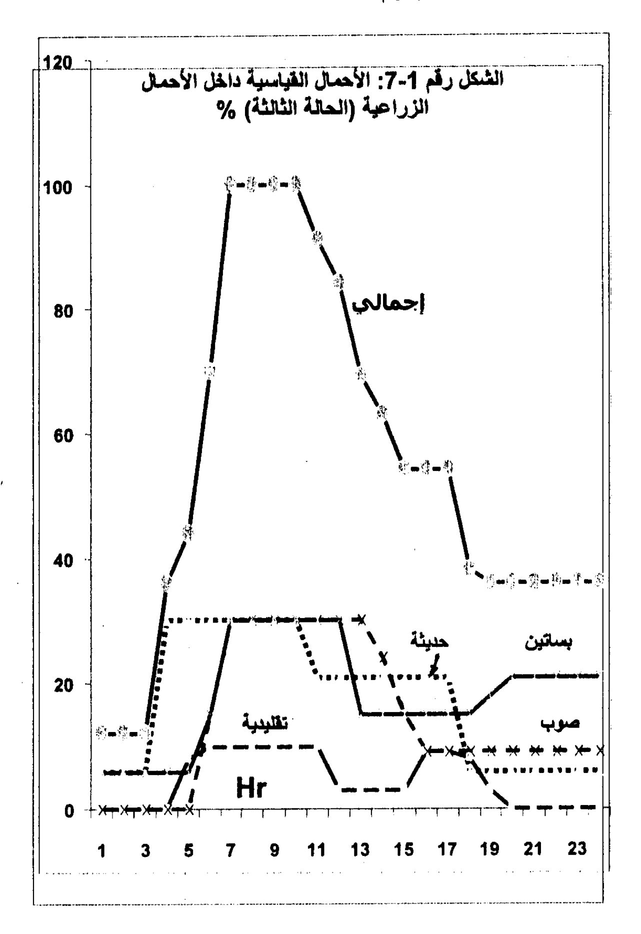
غير أن التغير في شكل الأحمال الكهربية لذات الحمل بعد فترة ما قد يتغير نتيجة الابتكارات التي تظهر هنا وهناك فتزيد من أحمال نوعا وتقلل من الآخر وتضيف أنواعا بينما يختفي غيرها وهكذا فالعلم يسير ونحن نتبعه لنتطور معه ونضع الحلول القياسية لكل ما هو مبتكر وهذا واجبنا وعلينا الا ننام أو نهدأ مادام العلم نشيط.

تأتي الحالة الثانية في الجدول رقم 1-21 حيث ترتفع فيها الأحمال الحديثة من صوب أو زراعة حديثة فنري الأحمال الأكثر يوميا وعلي مدار اليوم كاملا وقد تكون أكثر قليلا من تلك السابقة حيث كان التساوي ولذلك تظهر الأحمال القياسية عاملا أساسيا في كل الدراسات الكهربية من حيث التخطيط وإنشاء الشبكات الكهربية في المناطق الجديدة أو القديمة علي حد سواء.

جدول رقم 1- 21: الأحمال القياسية داخل الأحمال الزراعية % (الحالة الثانية)

ساعة	تقليدية	حديثة	صوب	بساتين	استصلاح أراضي	إجمالي
12	0	6	0	4	2	12
1	0	6	0	4	2	12
2	0	6	0	4	2	12
3	0	30	0	4	2	36
4	8	30	0	4	5	47
5	10	30	15	10	10	75
6	10	30	30	20	10	100
7	10	30	30	20	10	100
8	10	30	30	20	10	100
9	10	30	30	20	10	100
10	10	21	30	20	10	91
11	3	21	30	20	10	84
12	3	21	30	10	2	66
1	3	21	24	10	2	60
2	3	21	15	10	2	51
3	9	21	9	10	6	55
4	9	21	9	10	6	55
5	8	6	9	10	7,5	55,5
6	3	6	9	12	2	32
7	0	6	9	14	2	31
8	0	6	9	14	2	31
9	0	6	9	14	2	31
10	0	6	9	14	2	31
11	0	6	9	14	2	31

ننتقل إلي الحالة الثالثة حيث تختفي أحمال استصلاح الأراضي (الشكل رقم 1- 7) معطية ارتفاعا آخر في قيمة الأحمال مما يبين أن استصلاح الأراضي لها أحمالا منخفضة عن غيرها ولذلك نضيف احتفاء الأحمال التقليدية مع تلك السابقة فنصل بالحالة الرابعة معطية ارتفاعا جديدا مضافا عن سابقه كما نشاهده بالجدول رقم 1-14.



هكذا نري من هذه الأحمال حيث نجد الأحمال المستحدثة تعتمد علي الطاقة الكهربية أكثر من غيرها. أما بالنسبة للحالتين الرابعة والخامسة فقد جاءت النتائج مجدولة في الجدول رقم 1-22حيث ظهرت الحالتين الإجمالية لكل حالة بالقيمة القصوي 100 % أي تحتاج إلي توفيق القراءات.

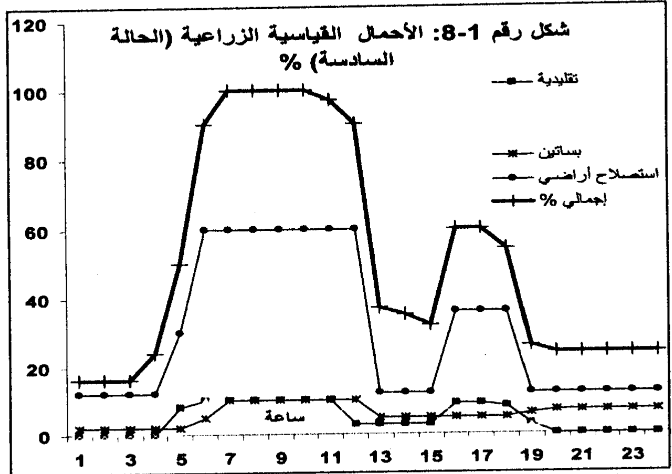
جدول رقم 1- 22: الأحمال القياسية داخل الأحمال الزراعية (الحالة الرابعة والخامسة)

س	الحالة الرابعة				الحالة الخامسة				
	حديثة	صوب	بساتين	إجمالي (%)	تقليدية	حديثة	صوب	استصلاح أراضي	إجمالي (%)
12	8	0	6	14	0	2	0	12	14
1	8	0	6	14	0	2	0	12	14
2	8	0	6	14	0	2	0	12	14
3	40	0	6	46	0	10	0	12	22
4	40	0	6	46	16	10	0	30	56
5	40	15	15	70	20	10	5	60	95
6	40	30	30	100	20	10	10	60	100
7	40	30	30	100	20	10	10	60	100
8	40	30	30	100	20	10	10	60	100
9	40	30	30	100	20	10	10	60	100
10	28	30	30	88	20	7	10	60	97
11	28	30	30	88	6	7	10	60	93
12	28	30	15	73	6	7	10	12	35
1	28	24	15	67	6	7	8	12	33
2	28	15	15	58	6	7	5	12	30
3	28	9	15	52	18	7	3	36	64
4	28	9	15	52	18	7	3	36	64
5	8	9	15	32	16	2	3	36	57
6	8	9	18	35	6	2	3	12	23
7	8	9	21	38	0	2	3	12	17
8	8	9	21	38	0	2	3	12	17
9	8	9	21	38	0	2	3	12	17
10	8	9	21	38	0	2	3	12	17
11	8	9	21	38	0	2	3	12	17

تلك الأحمال متباينة في المعني سواء كانت أحمال الزراعة التقليدية أو تلك التي تخص استصلاح الأراضي فجميعها أظهرت وأكدت علي هذا، غير أن التغير الحقيقي قد يختلف في وقت عن غيره أو من موسم إلي آخر فهذه الأحمال تأخذ الطابع النمطي والمتوقع نتيجة الاستهلاك المعتاد كل في مجاله. كما أن الشكل رقم 1-8 يقدم قراءات الحالة السادسة سواء للأحمال الداخلية أو تلك الإجمالية والتي ظهرت فيها القيمة القصوي بالقيمة 100 % ولذلك فهي لا تحتاج إلي توفيق.

علي الجانب الآخر نجد أن هذه الأحمال جميعا عبارة عن أحمال توقعية (إحتمالية) وليست حقيقية ولكنها تقارب الواقع إلي حد كبير

حتى في حالة الاختلاف فيكون بسيطا ولذلك يتم الاعتماد علي هذه الأحمال القياسية عند التصميم وتعطي نتائج صحيحة دون خلل.
أما عن الحالة الخامسة عندما تختفي البساتين من الموقع فالجدول رقم 1-22 يقدم الأحمال القياسية التي تم حسابها بالنسب المقررة .وأخيرا نجد الحالة السادسة حيث ترتفع نسبة تواجد أحمال الاستصلاح أي تلك المناطق تحت الاستصلاح فتصل نسبة أحمال الاستصلاح إلي 60 % من إجمالي الأحمال (الشكل رقم 1-8).



1-3: الأحمال التجارية Commercial Loads

تتزايد الأحمال التجارية مع التطور الزمني حتي وصلت إلي أنماطا تجارية حديثة مثل التجارة الإلكترونية وهذا كله ينعكس بدوره علي الأحمال الكهربية المطلوبة لتغطية هذه الأعمال، وجدير بنا أن نتعرض لموضوع نوعية الأحمال التجارية حيث أنها تتبع نظم التسويق والعرض والطلب، ولذلك نجدها في تقسيم مبسط علي النحو الوارد في النقاط التالية.

أولا: المحال الصغيرة Small Shops

هذه المحال التي تختص بصغار التجار وتشمل نوعيات عديدة مثل البدالة (البقال) والألبان والإسكافي والأعمال التسويقية الصغيرة وغيرهم من الأعمال التي نراها في الطريق للبيع من مأكولات ومحلات التسالي وغيرهم. جدير بالذكر أن الحمل الكهربائي يتلاشى بعد منتصف الليل وحتى الصباح (الجدول رقم 1-23).

جدول رقم 1- 23 : الأحمال القياسية للمحال التجارية الصغيرة %

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	20	30
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	30	40	40	70	100	100	100	100	100	100	100	0

ثانيا: المحلات الضخمة Big Stores

تمثل المحلات الكبيرة تلك المواقع التجارية التي تخص كبار التجار ورجال الأعمال في مجال التسويق والبيع، والخاصة بعرض المنتجات المطلوب تسويقها. هذه المواقع متنوعة وعديدة ومنها علي سبيل المثال في مصر محلات البيع للقطاع العام مثل بنزايون والصالون الأخضر (سيمون أرزت) والأسواق العامة الصغيرة الأسبوعية غير المنظمة وكذلك محلات القطاع الخاص الكبيرة وكذلك مثل السوبر ماركت الضخمة والتي تتشكل علي شكل مباني وأبراج سواء بالتوسع الأفقي أو الرأسي وسلسلة الفروع الخاصة بالمأكولات الشهيرة ومحلات الأدوات المنزلية الكبيرة وأيضا الأسواق الموسمية المنظمة وغيرهم. لهذا نجد أن الجدول رقم 1-24 يعرض الشكل العام لتغير هذه لأحمال والتي تستمر علي مدار اليوم كاملة ولكن بطاقة قليلة ليلا.

جدول رقم 1-24 : الأحمال القياسية للمحلات الضخمة التجارية %

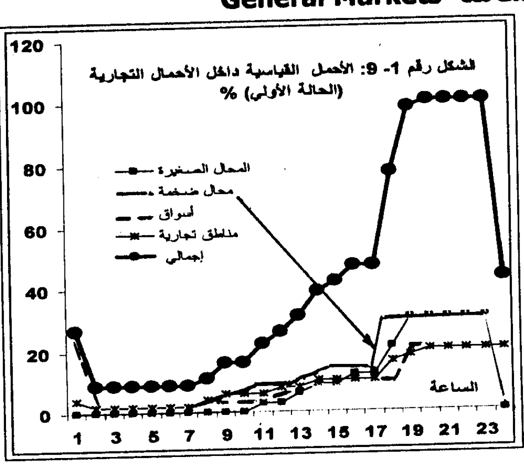
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	10	10	10	10	10	10	10	10	20	20	30	30
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	30	40	50	50	50	100	100	100	100	100	100	10

جدول رقم 1- 25 : الأحمال القياسية المعبرة عن أحمال الأسواق التجارية الشاملة %

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	30
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	40	40	40	50	50	50	100	100	100	100	100	100

ثالثا: الأسواق الشاملة General Markets

بالمثل علي غرار ما سبق شرحه نجد أن الأسواق الشاملة عبارة عن مجموعة المحلات الكبيرة في مكان محدد معا لعرض. المبيعات في كافة التخصصات والمجالات وهي أكبر من المحلات الضخمة حيث تزداد الأحمال الليلية عن سابقه من أجل الإضاءة والحماية الآلية ومن أمثلة تلك المواقع التجارية والمسماه "المول التجاري" حيث تتجمع المحلات كبيرة وصغيرة سويا في هذا المبني وهو من أفضل وسائل العرض لأن الخدمات سوف تقدم للمستهلك بمستوي عالي وبإنفاق أقل نتيجة التجمع معا في مكان محدود، وتتغير هذه الأحمال طبقا لما جاء في الجدول رقم 1-25.



رابعا: المكاتب التجارية Commercial Offices

المكاتب التجارية تعتبر المقار الإدارية والمختصة بالبيع والشراء مثل البورصة ومقار عمل كبار التجار وتجار الجملة وغير ذلك. أما عن أحمالها فهي أحيانا قد تندمج داخل الأحمال الخاصة بالمناطق التجارية الشاملة، بالرغم من أن هذا لا يمنع أن تكون لها الأحمال الخاصة بها - إلا أننا نكتفي هنا بأسلوب دمجها داخل الأسواق الشاملة للتبسيط ويعرض الجدول رقم 1-26 التغير النمطي لمثل هذه النوعية من الأحمال.

جدول رقم 1- 26: الأحمال القياسية للمكاتب التجارية %

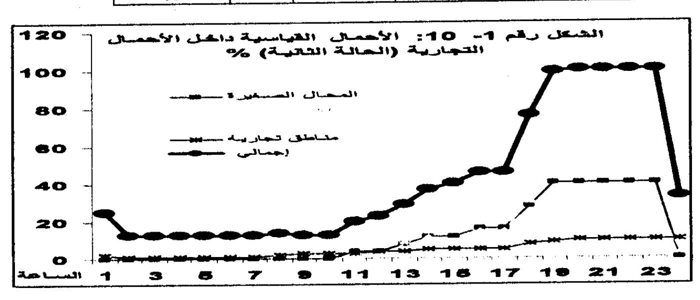
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7
حمل %	20	10	10	10	10	10	10	20
ساعة	8	9	10	11	12	1	2	3
حمل %	30	30	30	40	40	50	50	50
ساعة	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	50	80	90	100	100	100	100	100

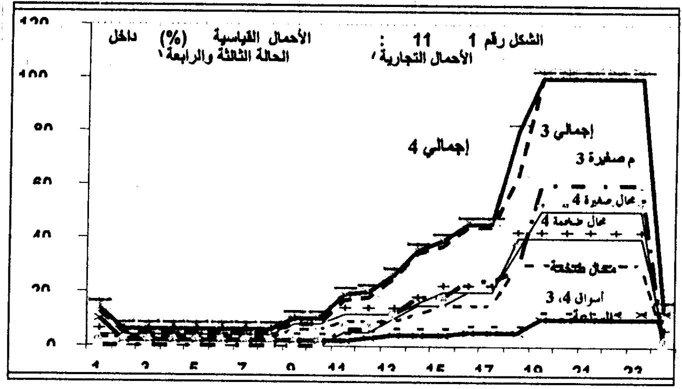
بعد إستعراض النوعيات الهامة في الأحمال التجارية ووضع نمطها الحملي في الجداول السابقة نستمر علي غرار ما سبق بوضع ستة حالات متغايرة لتداخل هذه الأحمال النمطية داخل الأحمال التجارية ككل وذلك من أجل إلقاء الضوء علي طبيعة التعامل مع الأحمال التجارية بشكل خاص. لهذا ورد في الجدول رقم 1-27 النسبة المئوية لتداخل هذه الأحمال النمطية لكل حالة ونقوم بدراسة كل حالة علي حدة، وذلك لمزيد من البساطة.

علي نفس النمط السابق للأحمال الصناعية وكذلك الزراعية نجد نتائج الحسابات الخاصة بالأحمال في الحالة الأولي قد وردت في الشكل رقم 1-9 بينما نتائج الحالة الثانية قد جدولت في الشكل رقم 1-10 حيث تعبر الحالة الأولي عن كثرة الأحمال الخاصة بالمحلات بينما الثانية تزيد فيها الأحمال الخاصة بالمحلات الصغيرة مثل الأحياء الشعبية.

جدول رقم 1- 27 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال النمطية داخل الأحمال التجارية

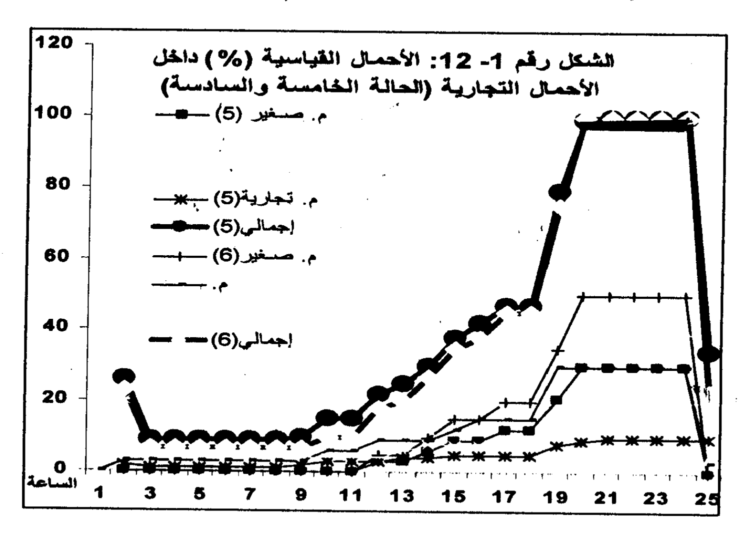
الحالة	المحال الصغيرة	محال ضخمة	أسواق	مناطق تجارية
الأولي	30	30	20	20
الثانية	40	30	20	10
الثالثة	60	30	10	00
الرابعة	50	40	10	00
الخامسة	30	40	20	10
السادسة	50	30	20	00



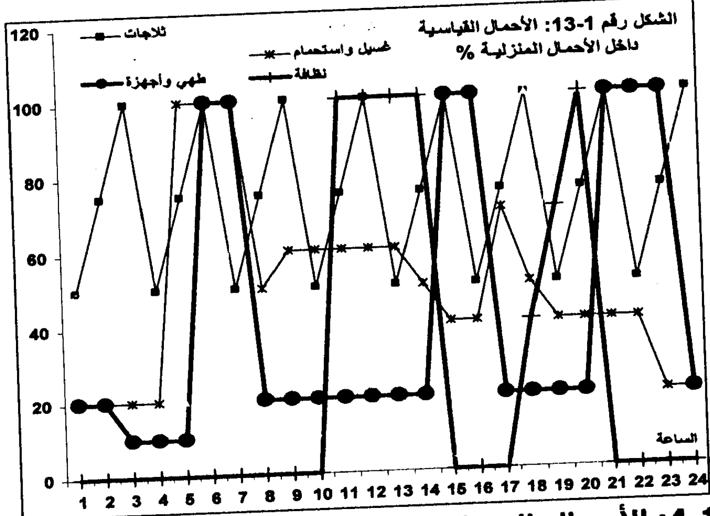


تأتي

قراءات الحالتين الثالثة والرابعة في الشكل رقم 1-11 حيث تختفي من الأحمال المناطق التجارية تماما وهو ما يعني التواجد في مناطق متوسطة أو مرتفعة أو مشتركة بين هاتين الحالتين مما يظهر معه زيادة كبيرة للمحلات الصغيرة وتصل إلي 60 % في الحالة الثالثة و 50 % في الرابعة.



أما الحالتان الخامسة والسادسة فنجدها قد ظهرت في الجدول رقم 1-29 حيث الأماكن الأكثر رقيا نوعا ما عن الحالات السابقة جميعا فتظهر المناطق التجارية في الحالة الخامسة فتتعدد الحالات كي تسمح لنا بالرؤية الشاملة كما نستطيع وضع نسب أخري غير المعروضة هنا كل حسب الأحوال.



الشكل رقم 1-13: الأحمال القياسية داخل الأحمال المنزلية %

1-4: الأحمال المنزلية Domestic Loads

تأتي الأحمال المنزلية في المرتبة الأولي بين كل الأحمال حيث أنها أساسية وتدخل في كل المواقع، ذلك أنها تتعامل مع الفرد البشري. علي كل حال فإن الأحمال المنزلية بدأت في التغير عن ذي قبل وقد تتغير مرات أخري تبعا للتطور التكنولوجي المستمر لخدمة الإنسان وخاصة في المنزل بدءا من استخدام الخلاط والمطحنة وحتى الغسالات والسخانات والتليفزيون والمذياع وأجهزة الفيديو والكمبيوتر إلي ما سوف يبزغ علينا في القرن القادم وما يليه. من هنا نضع الفروع المختلفة للأحمال المنزلية علي نفس النسق السابق إتباعه في حلقات طبقا للتطور في الاعتماد علي الكهرباء عن ذي قبل.

أولا: الثلاجات Refrigerators

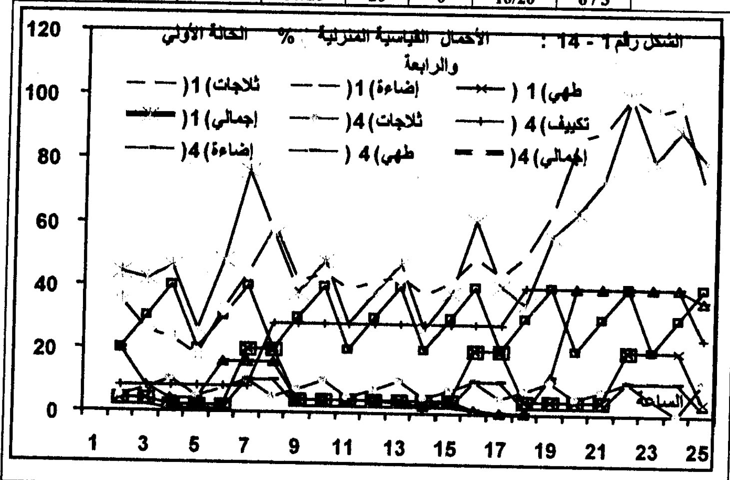
تمثل هذه الأحمال الجزء الأكبر والمؤثر داخل الأحمال القياسية من جهة انتشارها علي مستوي كبير بحيث قد لا يخلو منزلا من مثل هذه الثلاجة والتي أصبحت من الضروريات الأساسية بدلا من المسمي المعروف القديم وهو الكماليات في بداية القرن الماضي. إضافة إلي ذلك نجد أن طبيعة استهلاك الطاقة المنزلية قد تباينت بشكل كبير عن ذي قبل ولذلك وضعت الأحمال الكهربية من هذا الطراز في الشكل المبين في الشكل رقم 1-13 بجانب بقية الأحمال التالية.

من الناحية الأخري نجد أن أحمال الثلاجات المنزلية قد تتغير صعودا وهبوطا كما هو واضح من الشكل ذلك أن الثلاجة المنزلية تعمل من خلال محرك ينتظم في أدائه فهو لا يعمل بصورة منتظمة بل بشكل متقطع ومن ثم يكون الحمل للثلاجة لا شئ تقريبا لمدة 10 دقائق كل نصف ساعة وبالتالي يكون عاملا في الخدمة كحمل 20 دقيقة كل نصف ساعة ومن ثم يتأرجح الحمل وقد كان من الممكن

ان يكون الحمل العام لمجموعة كبية من الثلاجات منتظما في الشكل ولكننا نضع في الاعتبار هذا التذبذب لمزيد من التوضيح.

جدول رقم 1- 28: النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال المنزلية

حالة/ حالة	ثلاجات	تكييف وتهوية	إضاءة	غسيل واستحمام	طهي وأجهزة	نظافة
4 / 1	10/ 40	40 /0	40	0	10 / 20	0
5 / 2	20	0 / 20	50/40	0/ 10	20 /0	10
6 / 3	10/20	0	20	30/20	30 / 20	10/20



الشكل رقم 1 - 14 : الأحمال القياسية المنزلية % الحالة الأولي والرابعة

ثانيا: التكييف والتهوية Ventilation & Conditioning

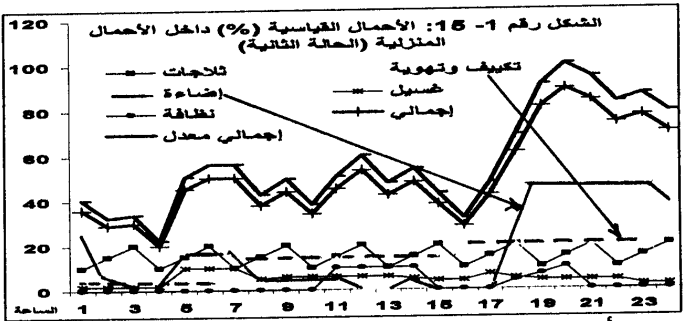
مع التقنيات الحديثة لجات معظم الأسر إلي الاعتماد علي اجهزة التكييف نتيجة للتطور النسبي في الشبكات الكهربائية والتي تتواكب مع القدرة المطلوبة من أجل تغطية هذه النوعية من الأحمال، وبدات الأحمال الكهربية في التكييف تزداد بشكل مذهل بجانب الأسلوب التقليدي في التهوية وهو الذي يستخدم المراوح الكهربية (الشكل رقم 1-13). كما نجد أن الأحمال الكهربية في هذه النوعية تختلف شتاءا عن الصيف ولذلك نضع هنا الأحمال الشتوية لأنها الأكبر.

ثالثا: الإضاءة Lighting

الإضاءة أكبر وأوسع الأحمال المنزلية إنتشارا وأستخداما منذ القدم وقبل أكتشاف المصباح الكهربي، وبالرغم من هذا نري أن استخدام الإضاءة قد تتباين عن الماضي فالأحمال الكهربية لإستخدام الإنارة منزليا فقط قد أصبح نمطيا وأخذ شكلا مغايرا عن ذي قبل كما نراه تقريبا في الشكل رقم 1-13 وبالرغم من ذلك إلا أن الطابع العام مازال كما هو.

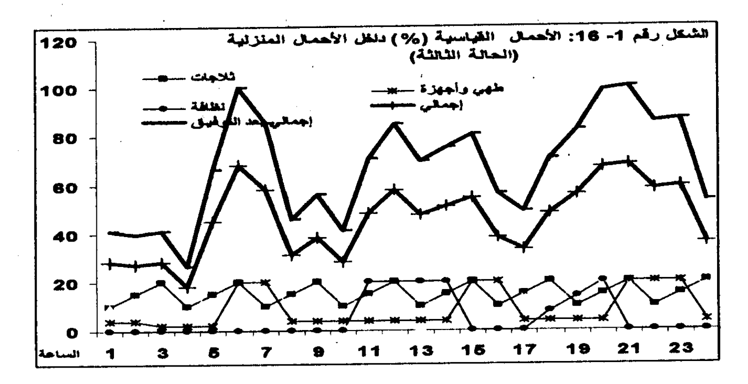
رابعا: الغسيل والاغتسال Washing & Showering

هنا نتعرض للأحمال الكهربية التي تخص كلا من الغسيل بالكهرباء من خلال الغسالات الكهربية والتي تتواجد في كل البيوت بلا استثناء وأحمال الاغتسال وهو يشمل أيضا الاستحمام باستخدام الطاقة الكهربية. هنا نري نوعين من الأحمال فالأول يخص ربات البيوت ولهم الأحمال الواردة في الشكل رقم 1-13 والثاني يمثل أحمال السيدات العاملات من حيث التوقيت والحمل وهو ما سوف نتعرض له فيما بعد في الفصول التالية.



خامسا: أحمال الطهي Cooking Loads

هناك العديد من الأفراد وهم الذين يعتمدون علي الطهي الكهربي خصوصا ومع تواجد أجهزة طهي كهربي حديثة ومتطورة وبسيطة الإستخدام، ولذلك نجد أن لها نمطا حمليا موحدا علي النحو المبين في الشكل رقم 1-13 وهو من النوعيات التي استحدثت.



سادسا: أحمال النظافة المنزلية Domestic Cleaning

تظهر هذه الأحمال مع التوقيت النهاري وتنعدم ليلا لعدم الإزعاج (الشكل رقم 1-13)، وهناك أنواعا متباينة للنظافة المنزلية فمن

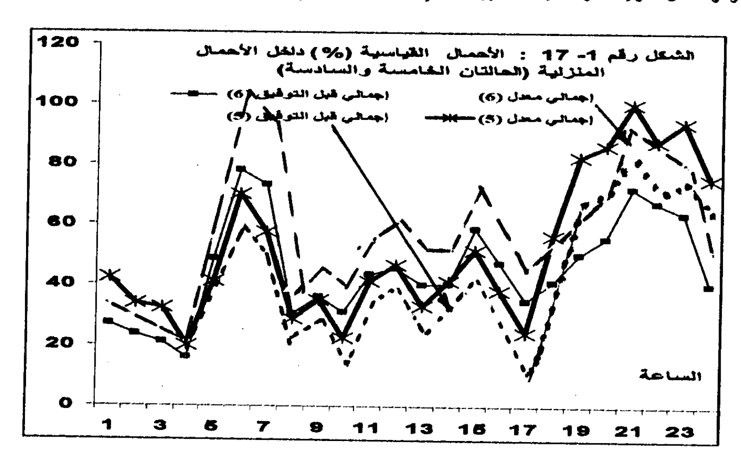
النظافة الداخلية إلي النظافة الخارجية. وكل من هاتين النوعيتين تنقسم إلي عددا آخر من النظافة النوعية النمطية مثل نظافة الجافة أو النظافة السائلة أو نظافة السجاد أو نظافة النوافذ إلي غير ذلك من التنوع المتواجد عليالساحة المنزلية بكافة أنواعها من شقة إلي فيلا أو قصر.

أما عن الحالات الستة المتباينة لتوزيع الأحمال القياسية داخل الأحمال المنزلية فنجدها في جدول رقم 1- 28 حيث نجد التوزيع النسبي بين تواجد الأحمال المختلفة في كل حالة.

يعرض الشكل رقم 1- 14 الحالتين الأولي والرابعة من الحالات الستة حيث تختفي أحمال الغسيل والنظافة معبرة عن المنازل العادية فوق المستوي المتوسط لتواجد الأحمال الخاصة بالتكييف والتهوية بقدر كاف. كما يقدم الشكل رقم 1 - 15 الحالة الثانية حيث يعتمد فيها الحمل بشكل جوهري علي الإضاءة بينما تظهر قراءات الحالة الثالثة في الشكل رقم 1- 16 حيث نري أن القيمة القصوي للحمل قد ظهرت في وقتين (مرتين) أحدهما صباحية والأخري مسائية علي خلاف ما كانت الحالات الأخري وذلك نتيجة التوزيع الداخلي للأحمال النمطية داخل الإطار العام للأحمال المنزلية.

كما يأتي الشكل رقم 1-17 بمنحني الأحمال الكلية لكل من الحالة الخامسة والسادسة قبل وبعد التوفيق في القراءات باستخدام المعادلة رقم 1-1.

هكذا أضحى لنا الشكل العام للحمل الكهربي المنزلي مع التقدم العلمي في التقنيات العالية وتطبيقاتها من أجل رفع مستوي الخدمات للفرد وللأعمال المنزلية خصوصا حيث تمت كهربة كل شيء من أدوات نظافة إلي أجهزة الطهي الحديث وغيرها.



1- 5: أحمال الخدمات Service Loads

قطاع الخدمات شامل وعريض ولا يمكن ان تتواجد أحمالا كهربية دونها لأنها تتفرع وتتشابك بدءا من محطة الكهرباء سواء التحويلية أو تلك التوزيعية أو الأخري التوليدية لأنها هي علي الأقل تستهلك من هذه الطاقة ولن نفرد صفحات مطولة لهذا الغرض بل نضعها في نقاط محددة من خلال السطور القادمة حيث يقدم الجداول الرقيمة 1- 29 والمتفرعة في عدد من الجداول المبسطة والتي تحددت بالفروع (أ) و (ب) و (ج) و (د) خصوصا وأن هذه الأحمال الداخلية في الأحمال الخدمية عديدة ونعرضها بهذا العديد الوفير

من الأحمال الداخلية بالرغم من أنه تتواجد أخري قد تكون غير دائمة التواجد أو غيرها النادر في التواجد.

جدول رقم 1- 29 : المكونات الأولية القياسية في الأحمال الخدمية (أ)

ساعة	مياه	كهرباء	صرف	ساعة	مياه	كهرباء	صرف	ساعة	مياه	كهرباء	صرف
12	40	30	20	8	100	40	100	4	80	50	100
1	40	30	20	9	80	40	100	5	70	70	20
2	20	30	20	10	70	60	20	6	60	100	20
3	20	30	20	11	50	60	20	7	60	100	20
4	20	30	20	12	50	60	20	8	60	100	20
5	100	30	20	1	60	60	20	9	60	100	100
6	100	20	20	2	70	60	100	10	50	100	100
7	100	20	100	3	80	50	100	11	50	80	100

أولا: محطات المياه Water Stations

تعتمد محطات المياه وهي ما تخص سحب المياه من الترع والقنوات أو النهر وتنقيتها وتطهيرها ثم تخزينها وضخها الي المرافق الأخرى سواء الحكومية أو الخاصة بما في ذلك المنازل، ومن هنا نجد أن هذه الخطوات ككميات تعتمد علي الطريقة العامة لمعيشة الفرد وحاجته للمياه ومحاور استخدامه لها ولذلك نجد أن التغير اليومي في مستوي استهلاك الطاقة لتشغيل هذه المحطات له من الطابع الثابت تقريبا وهو ما نراه في الجدول رقم 1-29 (أ).

جدول رقم 1- 29 : بعض الأحمال القياسية لمكونات الأحمال الخدمية (ب)

ساعة	إرسال	غاز	شارع	ساعة	إرسال	غاز	شارع	ساعة	إرسال	غاز	شارع
12	100	40	100	8	70	50	0	4	90	100	0
1	100	30	100	9	70	40	0	5	100	100	0
2	50	20	100	10	70	40	0	6	100	50	100
3	10	10	100	11	70	40	0	7	100	50	100
4	10	10	100	12	80	40	0	8	100	50	100
5	10	50	0	1	90	40	0	9	100	100	100
6	10	60	0	2	90	40	0	10	100	100	100
7	70	60	0	3	90	100	0	11	100	50	100

جدول رقم 1- 29 : عدد من الأحمال القياسية لمكونات الأحمال الخدمية (ج)

ساعة	ورش	مترو	فنادق	ساعة	ورش	مترو	فنادق	ساعة	ورش	مترو	فنادق
12	0	30	40	8	0	100	50	4	60	100	40
1	0	20	40	9	0	100	10	5	70	100	50
2	0	10	40	10	50	100	10	6	100	80	50
3	0	10	50	11	70	90	100	7	100	100	30
4	0	10	50	12	100	80	100	8	100	100	30
5	0	40	60	1	100	70	100	9	80	100	80
6	0	50	50	2	100	90	10	10	50	100	90
7	0	100	50	3	80	100	20	11		80	100

ثانيا: محطات الكهرباء Electric Stations

يتزايد الإقبال علي استخدام الكهرباء مما أعطي الفرصة في انتشار محطات الكهرباء بجميع أنواعها في كافة الأرجاء وبذلك لا نجد مكانا يخلو من هذه المحطات وهي أيضا تستهلك الطاقة بشكل منتظم يكاد يكون ثابتا ولذلك يجدول الجدول رقم 1-29(أ) الشكل العام للتغير اليومي لاستهلاك الكهرباء في هذه المحطات وهو ما يضاف الي قطاع الخدمات وإن كانت تتداخل هذه الأحمال بنسبة شبه ثابتة بين بقية الأحمال لأنها ترتبط بالطابع السكاني.

ثالثا: محطات الصرف الصحي Drainage Stations

أحمال الصرف الصحي تمثل أحمال الطاقة الكهربية اللازمة لشبكة الصرف الصحي كي تقوم بالأداء علي أكمل وجه، وتتضخم هذه الأحمال في المدن الكبرى وتصل إلي ذروة الأحمال في العواصم الكبرى المزدحمة بالسكان وتتلاشى أو تنخفض بشدة في المناطق النائية غير الآهلة بالسكان. جدير الذكر أن هذه الأحمال تأخذ أشكالا شبه ثابتة يوميا كما وردت في الجدول رقم 1-29 (أ) حيث التغير اليومي بشكله المعتاد والمتوقع.

جدول رقم 1- 29 : الأحمال القياسية الأخيرة في مكونات الأحمال الخدمية (د)

ساعة	مدارس	علاج	س	مدارس	علاج	س	مدارس	علاج	ساعة	مدارس	علاج
12	10	10	6	10	10	12	100	80	6	10	100
1	10	10	7	20	10	1	100	80	7	10	70
2	10	10	8	30	30	2	100	80	8	10	70
3	10	10	9	100	70	3	0	100	9	10	50
4	10	10	10	100	80	4	0	100	10	10	30
5	10	10	11	100	80	5	0	100	11	10	10

رابعا: محطات الإرسال الإعلامي Marconi Transmission Stations

مع التطور السريع في قطاع الإعلام تنتشر محطات الإرسال الإذاعي والتليفزيوني في كافة الأرجاء وتتواجد علي الساحة الهندسية مما يجعل من الضرورة دخولها عند حساب الأحمال في منطقة ما مدينة أم قرية (جدول رقم 1-29 (ب)). إضافة إلي ذلك فقد ظهرت وبشدة الأحمال الخاصة بشبكات المعلومات الدولية والمحلية لتأخذ مكانها داخل هذه الأحمال. كما أنه يقبع قطاع الصحف بأحماله المعطية في ذات الميدان، علما بأننا هنا نضع الأحمال الخاصة بمحطات الإرسال وهي أحمال إستهلاك كهربي ومن المفترض أن تضاف إليها أحمال قطاع الصحف وقطاع مواقع تغذية الشبكات المعلوماتية المحلية وكذلك الشبكة الدولية للمعلومات.

خامسا: محطات رفع الغاز الطبيعي Gas Compressing Stations

مع ظهور الغاز الطبيعي واكتشافه في العديد من المواقع وحيث أنه من الوقود الصديق للبيئة تقبل كل الدول علي تحويل كافة الاستخدامات نحو الغاز الطبيعي، وقد ظهر تنفيذ العديد من شبكات الغاز في كثير من المدن داخل جمهورية مصر العربية. هذا المستجد كأسلوب تقني دخل بسرعة في نطاق التنفيذ وفرض نفسه علي الساحة الهندسة وبالتحديد في ميدان الطاقة وخصوصا في محطات التوليد حيث زاد من قيمته أنه صديق البيئة أي أنه لا يلوث البيئة علي عكس ما يحدث من الوقود التقليدي، ومن ثم دخلت هذه النوعية في الاعتبار. هكذا تم الاستعانة بهذه النوعية من المحطات اللازمة لرفع ضغط الغاز ونقله وتخزينه والسهر علي وقاية الأفراد والمعدات ضد الأخطار، وهو ما يحتاج إلي استهلاك بعضا من الطاقة الكهربية وإن كانت قليلة نسبة إلي غيرها من أشكال الاستهلاك القياسية داخل قطاع الخدمات(جدول رقم 1-29 (ب)).

سادسا: إنارة الشوارع Street Stations

تعتبر إنارة الطرق العامة داخل المدن والشوارع الرئيسية والفرعية أساسا للرقي والتمدين وهو من الموضوعات التي تهتم بها الدولة فأحمالها الكهربية محددة وتظهر ليلا فقط كما جاءت في الجدول رقم 1-29(ب)، وهي أحمال ثابتة تقريبا لفترة تشغيلها.

سابعا: ورش الإصلاح Workshops

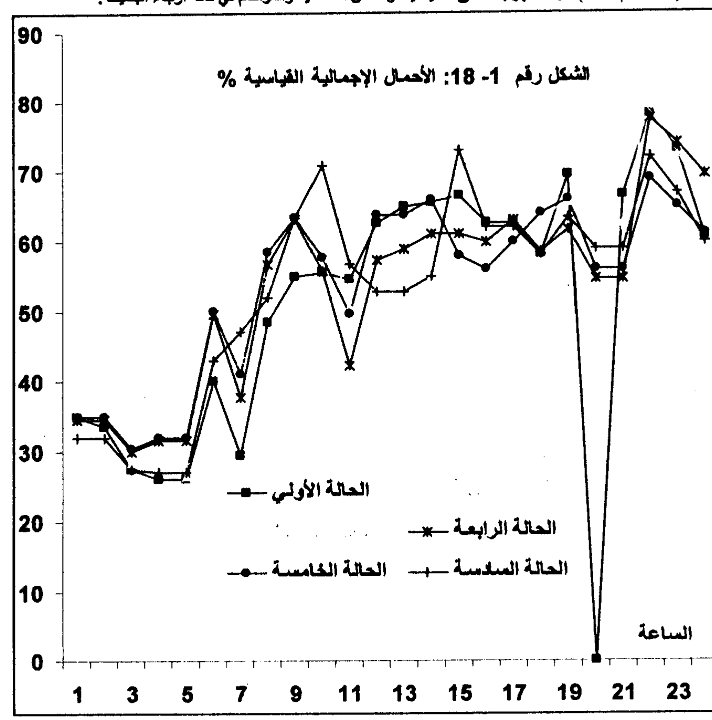
تظهر أماكن الإصلاح والصيانة في المدن الكبرى وإن كانت بمستوي ضعيف استهلاكيا للطاقة الكهربية وهي ذات طابع الأعمال الخاصة والتي تبدأ متأخرة عن اليوم المعتاد حيث تبدأ الأعمال في حدود الساعة العاشرة ليلا وتنتهي مساءا (جدول رقم 1-29 (ج)).

ثامنا: مترو الأنفاق والسكك الحديدية Rail Ways

يمثل هذه الأحمال قياسيا تلك الأحمال المجدولة في الجدول رقم 1-29 (ج) حيث أنها بدات تاتي هذه النوعية من وسائل النقل إلي ميدان الواقع في بعض الدول النامية، وعلي سبيل المثال نجد أنه قد ظهرت بالقاهرة الكبرى الأنفاق الكبرى تحت الأرضية ومترو الأنفاق إضافة إلي مترو حلوان الذي يعتمد علي الكهرباء منذ الستينيات مما جعل لها من الأحمال ما يجب أن يدخل في الحسبان عند القيام بتصميم أو تخطيط لأعمال الكهرباء في هذه المدن، وهذه الأحمال تختلي في المدن العادية والقرى.

تاسعا: أحمال فندقية Hotels Loads

تنتهج الدولة أسلوبا فريدا لزيادة الدخل القومي من خلال انتعاش المستوي السياحي ورفع كفاءة الخدمات لهذا القطاع فنجد الفنادق الراقية (جدول رقم 1-29) حيث تظهر بالمناطق السياحية أو المدن الساحلية والعواصم في كافة أرجاء البسيطة.



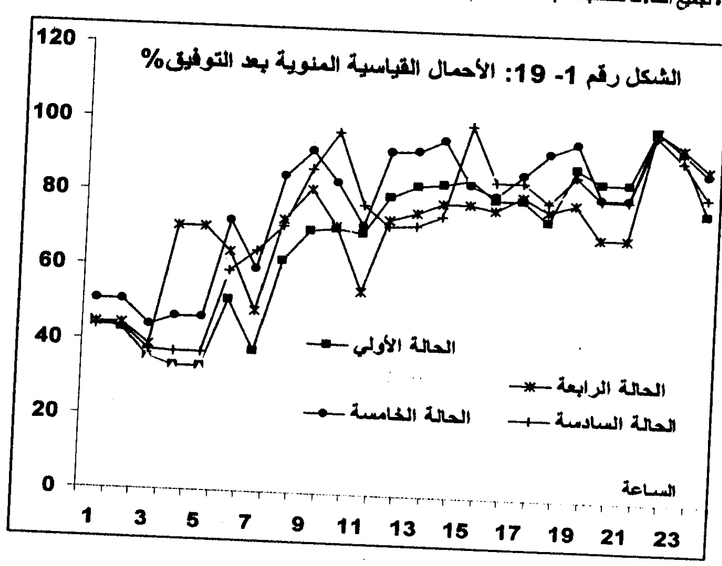
عاشرا: أحمال مدرسية ومستشفيات School & Hospital

ولا يجب أن ننسى مجهود تشمل أيضا أحمال الخدمات كلا من الأحمال الخاصة بالتعليم والعلاج وهي ما تقوم به الدولة لرعاية أبنائها
الدولة في بناء المدارس (الأحمال المدرسية) والمستشفيات على أحدث النظم العالمية ونري الأحمال الكهربية لكلا الفرعين في
الجدول رقم 1-29 (د) حيث نكتفي بهذه النوعيات داخل قطاع الخدمات بالرغم من انه يتضمن العديد من الخدمات الأخرى.
إستمرار علي النهج المتبع في هذا الكتيب نضع ستة حالات متنوعة لتداخل هذه الأحمال النمطية داخل الأحمال الخدمية حتي نقف
علي أهم خصائص التغير الحملي لهذا القطاع الهام بين بقية الأحمال، وهو ما تم تدوينه في الجدول رقم 1-30.

جدول رقم 1- 30 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية

حالة	مياه	كهرباء	صرف	إرسال	غاز	شارع	ورش	مترو	فنادق	مدارس	مستشفي
1	10	10	10	5	5	10	10	10	10	10	10
2	20	10	20	5	5	10	5	5	5	5	10
3	20	10	20	5	0	10	10	0	10	5	10
4	20	10	20	1	0	9	5	0	20	5	10
5	20	10	10	1	0	10	0	0	20	9	20
6	20	20	20	1	0	10	0	0	0	14	15

بنفس الأسلوب السابق يتم حساب الأحمال لكل حالة بالتفصيل ومن ثم نحصل علي النتائج النهائية للأحمال في كل حالة وهي النتائج
الواردة لجميع الحالات للحسابات طبقا للمعادلة رقم 1-1 وذلك يظهر في الشكل رقم 1-18.



من الشكل نري أن الأحمال الكهربية للورش قليلة في الحالة الرابعة بينما تظهر أهمية تأثير الأحمال الكهربية للغاز في الحالة الثانية. إضافة إلي ذلك نجد أن إنارة الطرق ذات تأثير واضح ثابت القيمة مع كل الحالات، أما الحالة السادسة فتعطي القراءات عندما تختفي أحمال الفنادق كما في القرى والمدن البعيدة. يتم تعديل هذه القراءات تبعا للمعادلة رقم 1-1 لتصبح بحد أقصي قيمته المائة علي النحو المبين في الشكل رقم 1-19، فجاءت هذه النتائج السابقة معبرة عن إجمالي الأحمال القياسية للحالات الست فيها القيم الإجمالية لمنحني الأحمال، بينما هي نفس القراءات معدلة بالنسبة المئوية حتى نستطيع المقارنة بين الحالات المختلفة وهو ما سوف يتم دراسته في الفصلين القادمين.

نخلص من هذا الشكل أن الأحمال النمطية للمترو والسكك الحديدية قد ظهرت بجلاء في الحالة الخامسة، بينما للحالة الأولي من توزيعات الأحمال يبين تأثير الأحمال النمطية لمحطات الإرسال الإعلامية.

6-1: الأحمال الإدارية Administrative Loads

نظرا لما تم من تطوير والتحول إلي نظم الميكنة وآلية الأداء في العمل الإداري، أصبح هذا النوع من العمل يعتمد إلي حد كبير علي الأجهزة الكهربية والإلكترونية مثل الكمبيوتر وحلت أجهزة الحاسوب مكان الكاتبات العربية والإنجليزية. إضافة إلي ذلك فأن وضع المراجعات واتخاذ القرار والتعامل بين المكاتب من خلال الشبكات المعلوماتية أصبح ضروريا، مما أدي إلي الاعتماد الكلي أحيانا علي الأجهزة والأدوات الكهربية. بذلك تغير شكل الأحمال الكهربية منهجا واستهلاكا وزادت في تأثيرها ووصلت إلي تلك المتغيرات (الجدول رقم 1-31). كما نجد التنوع واسع النطاق في أشكال الأحمال الإدارية وتنوعها والتي تأخذ العديد من المجالات مثل التالية.

جدول رقم 1- 31: الأحمال القياسية داخل الأحمال الإدارية

س	أبنية حكومية	أعمال إدارية	شبكات معلومات	س	أبنية حكومية	أعمال إدارية	شبكات معلومات	س	أبنية حكومية	اعمال إدارية	شبكات معلومات
12	30	10	10	11	100	100	100	6	20	40	20
2	30	10	10	12	100	100	100	7	30	40	20
4	30	10	10	1	100	100	100	8	30	40	20
6	30	10	10	2	100	100	100	9	30	40	20
7	30	50	10	3	20	50	100	10	30	40	20
8	100	100	70	4	20	40	20	11	30	40	10
9	100	100	100	5	20	40	20				

أولا: الأبنية الحكومية Governmental Buildings

تمثل الأبنية الحكومية الموقع الهام داخل الإطار الكهربائي استخداما فمنها الأبنية الضخمة مثل مجمع التحرير في القاهرة أو مواقع الأحياء أو المحافظات والمديريات والشعبيات المتنوعة في مختلف المدن والمراكز والقري البسيطة وهي جميعها تخضع لنظام موحد من جهة الإستهلاك الكهربي سواء للمكاتب أو الطرقات أو الملحقات والمصاعد في بعض الأحيان إلي غير ذلك من الأحمال الكهربية التي قد تتواجد في مثل هذه المواقع.

جدير بالذكر أن كل هذه الأحمال تأخذ الشكل المحدد بينما تتواجد هذه الأحمال بدرجات متفاوتة من مكان لآخر كما نراها في الحالات الست الواردة في الجدول رقم 1-32 والذي يظهر فيه التواجد المستمر لكافة الأنواع في كل الحالاتولكن نسب التواجد قد تتباين. من ثم نستطيع التعرف علي خصائص هذه النوعية من الأحمال.

ثانيا: الأعمال الإدارية Administrative Works

تدخل في الاعتبار كل الاستخدامات الكهربية لأداء العمل المنوط وهو ما نعتبره جوهريا في العمل ويشمل تلك الأحمال وقد ترتفع هذه القراءات مع التطور القادم في العالم.

جدول رقم 1- 32 : النسبة المئوية لمكونات الأحمال القياسية داخل الأحمال الإدارية

الحالة	أبنية حكومية	أعمال إدارية	شبكات معلومات
1	50	30	20
2	70	25	5
3	90	5	5
4	80	15	5
5	70	20	10
6	70	10	20

ثالثا: شبكات المعلومات Information Networks

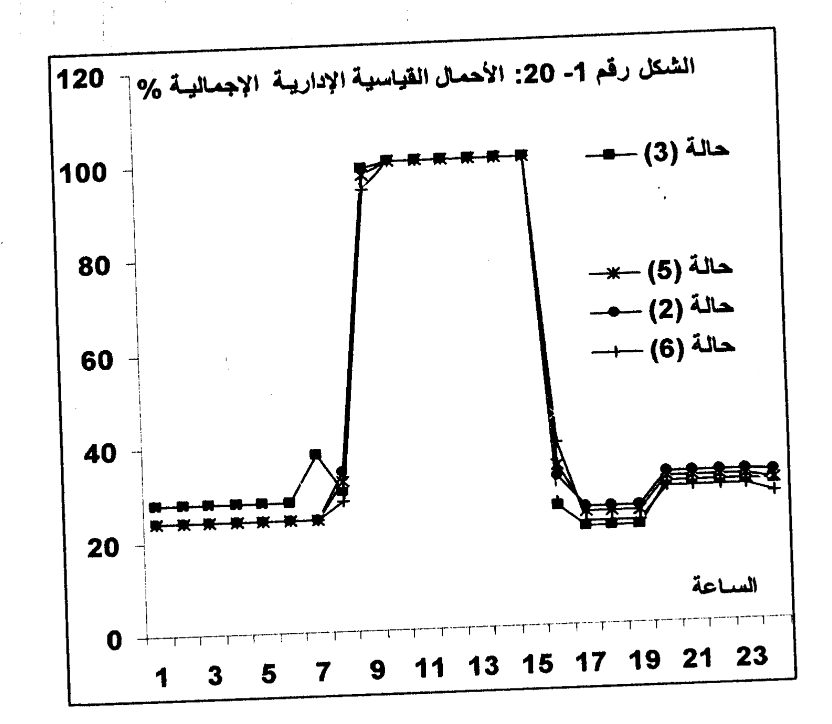
ظهرت شبكات المعلومات مؤخرا وزادت اهميتها لكونها أصبحت أداة فعالة تخدم الجميع في كافة التخصصات ويزيد من ذلك ما تشملها من نظام البريد الإلكتروني والتخاطب بالإنترنت وعقد المؤتمرات والمناقشات ونقل الأخبار وإتاحة فرصة للشرح والتعديل والرد من خلال هذه الشبكة الدولية. هذا ما قد يظهر منها مستقبلا كأحدث وأفضل الطرق المناسبة للحياة اليومية ومن المؤكد أن كل ذلك يساعد علي زيادة الأحمال الكهربية باستخدام شبكات المعلومات.

بحساب الأحمال القياسية لقطاع الأحمال الإدارية ومقارنة الحالات الستة معا وبالشكل المعطي والحدد هنا نجد أن الشكل رقم 1-20 قد جاء بالنتائج النهائية لهذه الأحمال القياسيية المتنوعة والتي تخضع للمعايرة القياسية التي تأسست في هذا الكتيب، مما يضع مبادئ أساسية لجوهر الفكر الهندسي لمواجهة معطي الأحمال الهندسية من الناحية الكهربية بشكل خاص والأحمال الهندسية لكافة التخصصات بشكل عام، مما يسخر ذلك مبدأ التوحد في الفكر العلمي والهندسي إلي التبسيط لكل المشكلات التي قد تنتج عن تزايد في التحميل أحيانا.

من الشكل نري أن جميع الأحمال لكل الحالات قد لا تختلف كثيرا وذلك يرجع إلي أن الأحمال كثيرة ونسبة تواجدها بسيط في كل حالة ولا يمكن الإستغناء عن أي منها ومن ثم نحصل علي نفس الشكل. هذا الشكل العام للمنحني يعرف باسم منحني الأحمال وهو يعطي القراءات علي مدار اليوم كاملا (24 ساعة). جدير بالذكر أننا سوف نتطرق لحساب الطاقة من قراءات الأحمال للقدرة وهي ما تعني المساحة تحت منحني الأحمال وحتى تكون الدقة في الحسابات واضحة الرؤية ففي الشكل رقم 1-21 نري أن المنحني يتكون من مجموعة من الخطوط الأفقية والرأسية مما يعطي لنا الدقة الكاملة في الحساب لأن الأشكال اللازمة لحساب الطاقة سوف تصبح كلها مستطيلة وبالتالي تكون الدقة تامة أما إذا كان الشكل المعطي الحقيقي لمنحني الأحمال هو المنحني وليس الخط المستقيم بين كل قراءتين متتاليتين ننتقل إلي التقريب وتقريب كل منحني بين كل نقطتين قراءة إلي خط مستقيم كما هو مبين في الشكل 1-21 (ج) ففي الحالة الأولي تكون الطاقة هي:

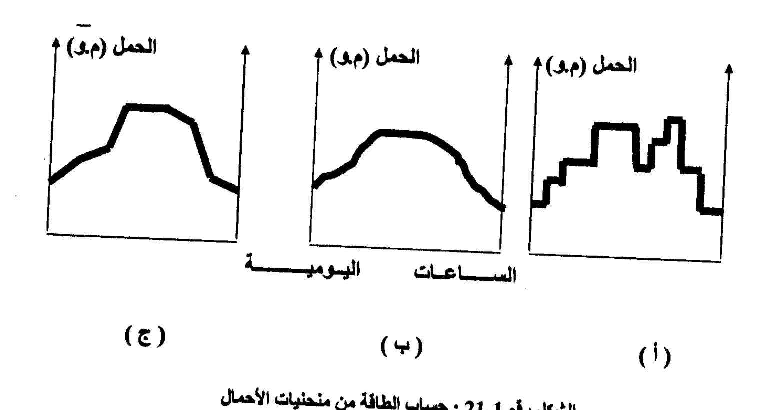
$$\text{طاقة كلية} = \text{قدرة كل قراءة} \times \text{فترة القراءة} \qquad (2\text{-}1)$$

اما في الحالة الثالثة فتتحول المنحنيات بين القراءات إلي خطوط مستقيمة مما يجعلها شبه منحرف الشكل والذي يتم في فترات زمنية ساعة كاملة فتكون 24 قراءة ويمكن حسابه بدقة بالمعادلة



$$\text{Energy} = \sum_{i=1}^{24} \frac{(P_i + P_{(i+1)})}{2} \times 1\,H \qquad (1\text{-}3)$$

بالتالي فإنها تتساوى تماما مع المعادلة 1-2 ويكون التقريب فقط في تحويل المنحنى إلى خط مستقيم.



الشكل رقم 1-21 : حساب الطاقة من منحنيات الأحمال

الأحمال الكلية TOTAL LOADS

كلمة الأحمال تعبر عن الكميات الكهربية اللازمة للمستهلك او هي في الحقيقة تلك الكميات التي يحصل عليها المستهلك من الشبكة الكهربية وتعتبر عند ئذ أحمالا مستهلكة أو ان تكون أحمالا عند محطات التوليد أي الناتجة من المولدات الكهربية بالشبكة ومن ثم تسمي بالأحمال الإنتاجية أو الأحمال المنتجة أو المتولدة. هي أيضا الطاقة التي يحتاجها الفرد أو الطاقة التي تنتج عن المولد أو تلك المنقولة عبر شبكات النقل الكهربي وتتجمع هذه الأحمال معا في صورة مباشرة تبعا لمكان الحمل وهذه الأحمال هي التي ترسم دائما في شكل منحني متغير الطابع ويعرف باسم منحني الأحمال، وهذه الأحمال بصرف النظر عن طبيعتها يمكن ردها في حقيقة الأمر إلي تلك الأحمال القياسية التي وردت في الفصل الأول. هذه الأحمال بذلك تظهر المنطق العكسي للمفهوم وهو الغرض من الفصل الحالي والذي يوضح العلاقة بين منحني الأحمال الفعلي (الذي نعرفه ونقيسه أو نرسمه) وتلك الأحمال القياسية التي سبق التعامل معها، وهذا هو ما يتطلب منا المزيد من الدراسة والتوضيح لمعني الأحمال القياسية بشكل عام. حتى نصل إلي المفهوم التصميمي والتخطيطي لأهمية الأحمال الكهربية والتي سوف نستفيض في دراستها في الفصول القادمة - وهو ما نود وضعه في صورة مرجعية غير مسبوقة - وباللغة العربية لمصلحة المهندس المصري والعربي كي يكون الفهم سهلا وصحيحا، بهذا المنطق علينا أن يتم إدراج هذا المفهوم بالتفصيل في الفقرات التالية حيث نضع النقاط الرئيسية لبحث المفهوم العام للأحمال الكهربية.

جدول رقم 2-1: مكونات الأحمال القياسية

نوعية الحمل	طاقة كلية	نوعية الحمل	طاقة كلية	أحمال خدمات	طاقة كلية
[illegible]		[illegible]		مياه	1430
خفيفة	1060	تقليدية	1090	كهرباء	1470
كيميائية	2140	حديثة	1390	صرف	1200
3 وردية	1920	صوب	1150	إرسال	1780
2 وردية	1840	بساتين	1460	غاز	1170
ثقيلة	2000	إصلاح أرض	1090	شوارع	1200
غذائية	1940	[illegible]		ورش	1060
[illegible]		محال صغيرة	750	مترو	1760
أبنية	1170	محال ضخمة	1010	فنادق	1250
أعمال إدارية	1190	أسواق	1200	فنادق	780
شبكة معلومات	1000	مناطق تجارية	1180	مستشفي	1210

2-1: البيانات الأساسية Fundamental Data

الأحمال القياسية السابقة في الفصل الأول تدخل بدون أدنى شك في جميع الأحمال الكهربية بصرف النظر عن النسب الداخلية بين مكونات كل منها علي حدة فمثلا الأحمال الصناعية تشمل صناعات عامة وأخري خاصة وتزيد قيمتها أو كمياتها المستهلكة في موقع صناعي الطابع مثل حلوان والتبين بجنوب القاهرة وبشكل ملحوظ عن غيرها من المناطق كما في منطقة مصراتة في ليبيا وكذلك مثل مدينة الصالحية بمصر والعديد من المشروعات الزراعية القومية في ليبيا، وعلي العكس ترتفع نسبة الصناعات الخفيفة والنظم ثلاثية الوردية في مدينتي العاشر من رمضان والسادس من أكتوبر نسبة إلي مدينة أسوان مثلا وهكذا نري أن الأحمال القياسية تتباين من منطقة إلي أخري.

لا يتوقف الأمر عند هذا الحد بل يمتد ليكون زمنيا من حيث الطابع فمثلا الأحمال الصناعية في مدينة العاشر من رمضان أو مدينة السادس من أكتوبر تختلف اليوم عن بداية نشأتها ولنفس الأحمال القياسية وليس علي المدى القصير كما يمثله هذا بل أيضا علي العهود الزمنية الطويلة فمثلا الأحمال الصناعية القياسية في جنوب مصر منذ بداية الثورة المصرية عن اليوم وسوف تتغير عن المستقبل بعد عقود تالية.

من هذا المنطلق نجد أن الأحمال الكلية تمثل مجموع الأحمال القياسية في مكان ما فيدخل فيها كل الأحمال القياسية معا وجدير بالذكر أن هذه الأحمال لا تتوزع بالتساوي في ما بينها بل يدخل كل نوع بقدر تواجده في الأحمال الكلية (أنظر الجدول رقم 2-1).

لذلك نجد الجدول رقم 2-1 يقدم بيانات أساسية عن كل نوعية من مكونات الأحمال القياسية التي ذكرت في الفصل الأول حيث يعتمد الحساب هنا علي النظام المئوي فحيث تصل القيمة القصوى إلي المائة فيقدم الجدول قيمة الطاقة الكلية اليومية المستهلكة لكل من الأحمال القياسية أي علي مدار 24 ساعة) فنجد أحمال القطاع الصناعي موزعة علي مكوناتها العنصرية وكذلك الزراعية والمنزلية كما نلمسه في حياتنا المعاصرة.

غير أنه لا بد من توضيح أن هذه الأحمال متغيرة الطابع مع كل تقدم علمي وتكنولوجي يمثل هذا الجدول (جدول رقم 2-1) البيانات الأساسية عن كل من هذه الأحمال وهي التي يمكن رسمها في شكل بياني محوره الأفقي الزمن بينما الرأسي يمثل القدرة المستهلكة ويسمى هذا الشكل بمنحنى الأحمال وهو ما يعتمد عليه هذا الكتاب في كل القراءات الواردة بهذا الفصل ومن أجل التحليل البحثي لهذه المنحنيات والقراءات والمعاملات الخاصة بها في الفصول التالية من هذا الكتيب.

علينا تذكر مكونات الأحمال المنزلية بقيمتها الإجمالية كما وردت في الجدول رقم 2-2 وهو مكمل لتلك القراءات التي وردت في الجدول رقم 2-1 حيث نهتم بإجمالي الطاقة المستهلكة.

جدول رقم 2-2: الأحمال المنزلية

نوعية الحمل	ثلاجات	تكييف	إضاءة	غسيل	طهي	نظافة
طاقة كلية	1800	1540	894	1180	1010	610

بعد هذا العرض المبسط عن إجمالي الأحمال المكونة لأجزاء الأحمال القياسية الكهربية يأتي الدور علي كل من الأحمال القياسية في كل حالة من الحالات الستة التي تمت دراستها سابقا تبعا لما تعتمد علية من نسبة تداخل في الأحمال المكونة لها ففي جدول رقم 2-3 نعرض الطاقة الإجمالية لهذه الحالات شاملة كل الأحمال القياسية.

جدول رقم 2-3: الطاقة الإجمالية للأحمال النوعية بالنسبة المئوية

الحمل	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة	الحالة الخامسة	الحالة السادسة
صناعية	1415.4	1781	1791.9	1921	1880.1	1747.6
زراعية	1256	1298.5	1309	1339	1196	1223
تجارية	996	992	869	899	983	918
منزلية	1281.6	1358,6	1603.7	1272.6	1240.3	1389.1
خدمات	1650.2	1658.8	1655.2	1710.2	1822.2	1746.2
إدارية	1142	1166.5	1162.5	1164.5	1147	1138

من هذه النتائج يبين لنا أكبر طاقات في الأحمال الصناعية بينما الأدنى من نصيب التجارية بشكل عام، وبالرغم من تباين هذه الحالات وما قد يطرأ عليها تبعا للأحمال والمكان والأفراد فنجد هذه الأحمال والتي بدورها تدخل في تشكيل الأحمال القياسية الكلية.

2-2: الأحمال الكلية القياسية Total Standard Loads

نظرا لأن الأحمال الكلية القياسية تعبر عن الأحمال الحقيقية التي تظهر في الواقع العملي فمن الأهمية التوجه إليها واختيار عددا من

الأشكال فقد تم في الجدول رقم 2-4 اختيار أربعة أشكال من الحالات الست السابقة، وذلك من الحالات التي تخص الأحمال القياسية الأساسية كي نقوم بدراستها من الناحية العددية وبالتالي التحليلية وهذا لا يعني بالضرورة أن هذه الأشكال الأربعة الوحيدة بل يمتد العمل بكل الاحتمالات وذلك مثالا لأي احتمال آخر.

نري من الجدول السابق أننا نحاول توسيع دائرة التباين ففي الشكل الأول تم اختيار الحالة الأولي في كل الأحمال بلا استثناء بينما في الشكل الثاني اتجهنا إلي الحالة الثانية ما عدا الأحمال الصناعية والتي استمرت كما في الحالة الأولي، وهو ما تأكد لكل الأحمال الصناعية بأن تكون من الحالة الأولي بينما تم التناثر العشوائي لبقية الأحمال في الأشكال الأخرى الثلاث معطئة اتساعا في احتمالات التوزيع بين الأحمال. يمكننا تكرار هذا الحساب لكل الاحتمالات المتاحة أو تلك المتوقعة في أعمال التخطيط المستقبلي في مجال إنشاء الشبكات الكهربية أو بغرض بناء المدن الجديدة أو لإقامة المناطق الجديدة في الصحراء النائية.

جدول رقم 2-4: اختيار الحالات السابقة لنوعية الأحمال القياسية

الشكل	الشكل الأول	الشكل الثاني	الشكل الثالث	الشكل الرابع
الأحمال الصناعية	الحالة الأولي	الحالة الأولي	الحالة الأولي	الحالة الأولي
الأحمال الزراعية	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة
الأحمال التجارية	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة السادسة
الأحمال المنزلية	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة الخامسة	الحالة الخامسة
أحمال الخدمات	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة السادسة	الحالة الثانية
الأحمال الإدارية	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الثالثة

لا يغيب عنا أن هذه الحالات المختلفة تتحول إلي أعداد غير أنها تتداخل بنسب متفاوتة فيما بينها ولذلك يقدم الجدول رقم 2-5 النسب المئوية المكونة لكل من هذه الحالات في كل شكل من الأربعة المحددة والتي سوف تخضع للدراسة والتحليل في الصفحات القادمة من هذا الفصل وحتى تصبح الرؤية جلية للمهندس المهتم بموضوع الأحمال. نود إضافة المزيد هنا للشرح بأن الأصل في شكل الأحمال النهائية إنما يأتي من تداخل الأحمال القياسية معا داخل بوتقة الأحمال الكلية فنصل من هنا إلي الشكل العام للحمل بدون أخذ القراءات الواقعية ولكنها سوف تكون متقاربة مع الواقع كما سنري في الفصول التالية.

جدول رقم 2-5: النسبة المئوية لتوزيع الأحمال بالأحمال الكلية القياسية المئوية

الشكل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
الأحمال الصناعية	50	20	10	10
الأحمال الزراعية	10	50		10
الأحمال التجارية	10	10	50	20
الأحمال المنزلية	10	10	10	40
أحمال الخدمات	10	10	10	10
الأحمال الإدارية	10		10	10

جدير بالذكر أن الشكل الثالث قد ظهر بإجمالي الأحمال يساوي 90 % وليس 100 % مما يعني أنه كان المخطط لهذا الحمل أن يكون 100 % ولكن لسبب ما مثل تأخير تنفيذ أحد المشروعات أو أن هناك عيبا في هذا الحمل مما أستدعي ألا يظهر تحميليا ومن ثم يكون الإجمالي منسوبا للقيمة 90 % والتي يجب أن تتوافق مع القيمة القصوي 100 % كما سبق الشرح ولكن ذلك سوف يتم بعد حساب نتائج إجمالي منحنى الأحمال لهذا الوضع.

نحن بصدد حساب الأحمال الرئيسية في حالة الشكل الأول وبذلك نحصل علي القراءات الواردة في الجدول رقم 2-6 والذي سجل نتائج الحسابات لمدخلات الحمل من القراءات القياسية الأساسية وهو ما يوضح كل الأحمال الداخلة في التأثير.

جدول رقم 2-6: المدخلات الحملية للأحمال الكلية القياسية في الشكل الأول

حمل / س	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
صناعية %	29.2	29.2	29.2	29.2	29.4	29.4	29.4	29.7	48.75	48.75	48.75	49.75
زراعية %	1.2	1.2	1.2	2.8	5	8	10	10	10	10	9.4	8
تجارية %	2.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.6	1.6	2.2	2.6
منزلية %	4.4	4.2	4.6	2.6	4.8	7.6	5.6	3.8	4.8	2.8	3.8	4.72
خدمات %	4.38	4.29	3.53	3.33	3.32	5.13	3.78	6.21	7.05	7.11	6.99	8.01
إدارية %	2	2	2	2	2	2	2	3.2	9.4	10	10	10
حمل / س	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
صناعية %	49.6	49.6	50	40	40	39.2	39.2	39.2	39.2	35	35	34.9
زراعية %	5.4	5	4.4	6	6	4.8	3.2	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
تجارية %	3.1	3.9	4.2	4.7	4.7	7.7	9.8	10	10	10	10	4.3
منزلية %	2.64	2.8	6.12	4.04	3.44	5.6	6.4	7.4	10	8	9	8
خدمات %	8.33	8.39	8.52	8.01	8.01	7.44	8.91	8.53	8.53	10	9.36	7.76
إدارية %	10	10	10	4.5	2.6	2.6	2.6	3.1	3.1	3.1	3.1	2.9

من النتائج الواردة في الجدول رقم 2 – 6 حيث المدخلات الحملية القياسية في حالة التوزيع المعطي من الأحمال القياسية نستطيع الحصول علي النتائج الكلية لمنحني الأحمال الكلي القياسي للحالة الخاصة بالشكل الأول علي النحو المبين في الجدول رقم 2-7، حيث نجد أن القيمة القصوي تساوي 84.84 في تمام الساعة الثانية مساءا (بعد منتصف اليوم). وهذه الحالة قد استوعبت القيمة الأكبر للمدخلات الحملية من النوع الحملي الصناعي حيث كانت تمثل 50 % من إجمالي المدخلات.

جدول رقم 2- 7: للأحمال الكلية القياسية في الشكل الأول (%)

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7
حمل	43.98	41.79	41.43	40.83	45.42	53.03	51.68	54.01
ساعة	8	9	10	11	12	1	2	3
حمل	81.6	80.26	81.14	82.08	79.22	80.69	84.84	67.25
ساعة	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	63.55	65.74	66.91	71.03	73.63	68.9	69.26	60.66

بناء علي ما سبق شرحه في الفصل السابق يكون علينا إعادة حساب القراءات الكلية بعد التوفيق (أي معادلة القيمة القصوي بالقيمة 100 %، وهو ما جاء به الجدول رقم 2-8 حيث أصبحت كل القراءات منسوبة إلي القيمة الأقصي في منحني الأحمال. من القراءات المدرجة في الجدول نستطيع التعرف علي شكل ملحني الأحمال حيث أن فترة القيمة القصوي تكون ليلا والقيمة الدنيا

جدول رقم 2- 8: الشكل الأول للأحمال الكلية القياسية بعد التوفيق (%)

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	51.83	49.25	48.83	48.12	53.53	62.5	60.91	63.66	96.18	94.6	95.63	96.74
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	93.37	95.1	100	79.26	74.9	77.48	78.86	83.72	86.78	81.21	81.63	71.49

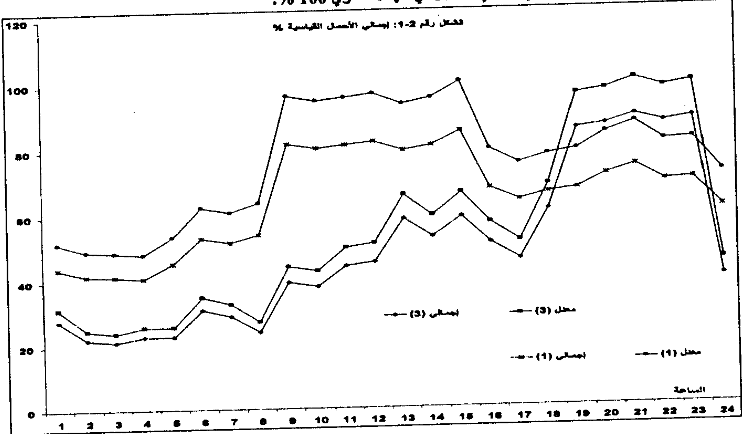
كما نشير إلي التركيز الكامل للأحمال علي النوع الصناعي حيث أنها تمثل 50 % من إجمالي الأحمال الكلية وتتوزع بقية الأنواع بالتساوي كما دونت في الجدول رقم 2-5 وذلك من أجل دراسة تأثير الحمل الصناعي علي الشكل العام للمنحني وحتى نستطيع

مقارنته مع الأشكال الثلاثة التالية وصولا إلي خلاصة واضحة ومنها نضع التوصيات اللازمة للتصميم في الشبكات أو التخطيط المستقبلي بصورة عامة. في المرحلة الثانية من الحسابات نتعامل مع الشكل الثاني فكان من البداية المدخلات الحملية تبعا للنسبة التداخل بين هذه المدخلات كما جاءت من قبل في الجدول رقم 2 – 5 ومن ثم كانت النتائج الحسابية قد جاءت كما هو مدون في الجدول رقم 2 – 9.

جدول رقم 2-9: المدخلات الحملية للأحمال الكلية القياسية % في الشكل الثاني

حمل / س	12	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
صناعية	11.66	11.66	11.66	11.66	11.66	11.66	11.66	19.5	19.5	19.5	19.5
زراعية	6	6	18	23.5	37.5	50	50	50	50	40.5	42
تجارية	2.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.6	1.6	2.2	2.6
منزلية	4.4	4.6	2.6	4.8	7.6	5.6	3.8	4.8	2.8	3.8	4.72
خدمات	4.38	3.53	3.33	3.32	5.13	3.78	6.21	7.05	7.11	6.99	8.01
حمل / س	12	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
صناعية	19.9	19.84	20	15.98	15.68	15.68	15.68	15.68	14.02	14.02	13.96
زراعية	33	25.5	27.5	27.5	27.75	16	35.5	35.5	35.5	35.5	35.5
تجارية	3.1	4.2	4.7	4.7	7.7	9.8	10	10	10	10	4.3
منزلية	2.64	6.12	4.04	3.44	5.6	6.4	7.4	10	8	9	8
خدمات	8.33	8.52	8.01	8.01	7.44	8.91	8.53	8.53	10	9.36	7.76

بالمثل كما كان التعامل مع الشكل الأول السابق هنا نقوم بحساب إجمالي الأحمال ونحصل علي منحني الأحمال المعطي في الجدول رقم 2 – 10 حيث كانت القيمة القصوي تساوي 83.93 أي أنها لا تساوي 100 %.



جدول رقم 2- 10: للأحمال الكلية القياسية في الشكل الثاني قبل التوفيق (%)

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7
حمل	28.79	26.68	25.87	20.29	44.9	61.95	74.39	74.98
ساعة	8	9	10	11	12	1	2	3
حمل	83.93	82.57	73.32	76.17	67.14	65.76	62.26	64.05
ساعة	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل %	61.6	66.07	58.81	78.94	78.38	77.83	77.55	68.86

بالتالي نحتاج إلي تعديل القراءات الإجمالية والتي تصبح بعد التوفيق كما هي مسجلة في الجدول رقم 2 – 11 والذي يحدد منحني الأحمال القياسي الإجمالي للشكل الثاني. من هذا الجدول نستطيع التعرف علي القيمة القصوى للحمل 100 % بينما نري القيمة الدنيا أصبحت 48.12 وهي التي تحدث في الساعة الثالثة صباحا وهو من الأمور المعتادة حيث يكون الحمل الأقصى مساءا وهنا في تمام الساعة الثالثة عصرا نتيجة التزايد الكبير في الحمل الصناعي داخل بقية الأحمال القياسية كما نوهنا إليه من قبل لكون الأحمال الصناعية هي الطاغية لانخفاض تواجد الأحمال الأخرى.

جدول رقم 2-11: الشكل الثاني للأحمال الكلية القياسية بعد التوفيق (%)

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	34.3	31.78	30.82	24.17	53.49	73.81	88.63	89.33	100	98.38	87.35	90.75
ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
حمل	79.99	78.35	74.18	76.31	73.39	78.72	70.05	94.05	93.38	92.73	92.4	81

يقدم الجدول رقم 2- 11 الأحمال الكلية القياسية عندما تختفي الأحمال الإدارية وتنخفض الأحمال الصناعية وتصل إلي 20 % فقط بدلا من 50 %، بينما ترتفع الأحمال الزراعية إلي 50 % وهي نسبة مرتفعة ولكنها تمثل مناطق استصلاح الأراضي الكبرى والمجتمعات الخاصة بها ولذلك نجد هذا الشكل مختلفا عن السالفة فهنا تصل الذروة في الساعة التاسعة مساءا وهو من الأمور العادية تماما وتظهر القيمة الدنيا للحمل وهي 24.17 % في الساعة الثالثة صباحا وهو أيضا معتادا. من الناحية الأخري نري أن الحسابات التي تمت بالنسبة للشكل الثالث من الأشكال تحت الدراسة في هذا الفصل قد سطرت في الجدول رقم 2 – 12 كاملة شاملة المدخلات الحملية للحالة وكذلك الأحمال الكلية القياسية لهذا الشكل وكذلك هذه الأحمال الكلية بعد تعديل القراءات وهو ما جاء في العامود الأخير من الجدول.

من الناحية الأخري فقد تم إعادة توضيح القراءات الواردة في الجداول السابقة لإجمالي الأحمال القياسية قبل وبعد التوفيق للأشكال الثلاثة الأول علي النحو المبين في الشكل 2-1 حيث يظهر بجلاء الفارق بين الشكل الأول والثاني والثالث من حيث وقت حدوث الذروة وفترة تواجد هذه الذروة مع فهم التصرف المشترك لكل الحالات من حيث فترة الأحمال الدنيا من ناحية ومن حيث تكرار القيمة القصوي من الناحية الأخري. أما الشكل الثالث من الأحمال (جدول رقم 2-12) حيث تنعدم الأحمال الزراعية وتتفاقم الأحمال التجارية مثل المناطق الحرة والمدن التجارية الحرة كمدينة بور سعيد بمصر وتصل نسبتها إلي 50 % من إجمالي الأحمال فنجد الذروة في الساعة الثامنة ليلا وهو معتاد والقيمة الأدنى وهي 54.82 تحدث في الساعة الثانية صباحا وهو معتادا أيضا. غير أن الشكل الأخير يزيد من الأحمال المنزلية بنسبة 40 % بينما تتوزع بقية الأحمال وهو ما يعبر عن المناطق المزدحمة بالسكان والتي غالبا ما تكون الأحياء الشعبية (جدول رقم 2-13).

من النتائج الواردة في الجدول رقم 2 – 13 حيث المدخلات الحملية القياسية في حالة التوزيع المعطي من الأحمال القياسية نستطيع الحصول علي النتائج الكلية لمنحني الأحمال الكلي القياسي للحالة الخاصة بالشكل الرابع علي النحو المبين في الشكل رقم 2-2، حيث نجد أن القيمة القصوي لا تساوي 100 % مما يستوجب في هذه الحالة تعديل القراءات كما في الشكل رقم 2-2.

جدول رقم 2- 12: الشكل الثالث للأحمال الكلية القياسية

س	صناعية	تجارية	منزلية	خدمات	إدارية	إجمالي	حمل موفق (%)
12	5.83	6.5	8.5	4.38	2.8	28.01	31.5
1	5.83	2.5	6.7	4.38	2.8	22.21	24.97
2	5.83	2.5	6.5	3.76	2.8	21.39	24.05
3	5.83	2.5	4	3.7	2.8	23.03	25.89
4	5.88	2.5	8.2	3.7	2.8	23.08	25.95
5	5.88	2.5	14	5.9	2.8	31.08	34.95
6	5.88	2.5	11.5	6.44	2.8	29.12	32.74
7	5.93	2.5	5.74	7.13	3	24.3	27.32
8	9.75	4	7	8.7	9.85	39.3	44.19
9	9.75	4	4.5	9.7	10	37.95	42.67
10	9.75	8.5	8.2	7.77	10	44.22	49.73
11	9.75	9	9.3	7.23	10	45.28	50.92
12	9.95	24.5	6.6	7.24	10	58.29	65.55
1	9.92	17	8.24	7.53	10	52.69	59.25
2	9.92	18.5	10.3	10	10	58.72	66.03
3	10	22	7.6	8.49	2.55	50.64	56.95
4	7.99	22	4.94	8.49	2.1	45.52	51.19
5	7.84	31.5	11.24	7.96	2.1	60.64	68.19
6	7.84	50	16.5	8.7	2.1	85.14	95.75
7	7.84	50	17.3	8.08	3	86.22	96.96
8	7.84	50	20	8.08	3	88.92	100
9	7.01	50	17.5	9.86	3	86.69	97.49
10	7.01	50	18.74	9.18	3	87.93	98.88
11	6.98	6.5	15	8.22	2.95	39.65	44.59

في هذه الحالة الممثلة للأحياء الشعبية نجد الأحمال قد وصلت الذروة في تمام الساعة الثامنة ليلا بينما أدني قيمة وهي 64.76 % تأتي في الرابعة صباحا (فجرا) وهو أمرا طبيعيا ويتماشى مع الواقع فعلا، وهذا يثبت بأن هذه الأحمال المقترحة تعبر عن الواقع ويمكن الاعتماد الكامل عليها عند التخطيط والتصميم وتؤدي إلي نتائج سليمة نستطيع الأخذ بها.

2-3: المعاملات الفنية لمنحني الأحمال Technical parameters

بعد التوصل إلي الأشكال الأربعة السابقة لمنحني الأحمال يكون ضروريا التعرف علي أسس ومعايير المقارنة بينهم للمفاضلة واختيار الأفضل عند التصميم أو التخطيط كما سبق الإشارة ومن هنا بدأت الأهمية لما نضعه من معاملات جوهرية لقياس المزايا والعيوب في منحني الأحمال ومن أجل تحديد الخصائص الفنية الكاملة عن هذه المنحنيات وهو ما نبسط له الصفحات التالية.

أولا: معامل التحميل Load Factor

يعبر هذا المعامل عن نسبة التحميل ولهذا يجب البدء من التعريف الأصلي للتحميل في بعض النقاط الأساسية:

1-الحمل الأقصى peak load

الحمل الأقصي بمنحني الأحمال هو بمثابة القيمة القصوى للحمل علي منحني الأحمال وبذلك تصبح قيمته 100 % في المنحنيات السابقة محل الدراسة ، وهي المسماه بالأحمال القياسية، بينما نجدها لا تحدث بصفة مستمرة طوال الوقت بل في فترة قصيرة وتتباين هذه القيمة من مكان لآخر وبين الأشكال الأربعة بأحمالها الكلية القياسية. في هذا الجدول رقم 2-13 نتمكن من حساب منحني الأحمال الكلي قياسيا أي بعد التوفيق بأن يكون منسوبا إلي القيمة القصوي 100 % وحيث انه تم الحصول عليه فقد تم حصر هذا المنحني قبل وبعد التوفيق للشكل الرابع فقط علي غرار ما تم مع الأشكال الثلاثة السابقة حيث وردت النتائج في الشكل رقم 2-2. من هذا الشكل نستطيع أن نفهم أن الفارق بين المنحني قبل وبعد التوفيق يتمثل في نسبة جبرية رياضية بحتة.

جدول رقم 2- 13: المدخلات الحملية للأحمال الكلية القياسية في الشكل الرابع

حمل / س	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
صناعية %	5.83	5.83	5.83	5.83	5.88	5.88	5.88	5.93	9.75	9.75	9.75	9.75
زراعية %	1.4	1.4	1.4	4.6	4.6	7	10	10	10	10	8.8	8.8
تجارية %	4.6	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	2	2	3.6	4
منزلية %	17	13.4	13	8	16.4	28	23	11.48	14	9	16.4	18.6
خدمات %	4.59	4.47	3.54	3.29	3.29	5.77	5.71	7.45	8.19	7.95	6.27	6.39
إدارية %	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3	9.85	10	10	10
حمل / س	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
صناعية %	9.95	9.92	9.92	10	7.99	7.84	7.84	7.84	7.84	7.01	7.01	6.98
زراعية %	7.3	6.7	5.8	5.2	5.2	3.2	3.5	3.8	3.8	3.8	8 .3	3.8
تجارية %	5.4	7	7.6	9	9	15	20	20	20	20	20	4.6
منزلية %	13.2	16.5	20.6	15.2	9.88	22.5	33	34.6	40	35	37,48	30
خدمات %	6.58	6.83	8.63	8.76	8.76	8.19	8.13	7.76	7.76	10	9.38	8.19
إدارية %	10	10	10	2.55	2.1	2.1	2.1	3	3	3	3	2.95

2-الطاقة الكلية total energy

الطاقة الكلية تمثل تلك الطاقة التي تعادل المساحة الكلية تحت منحني الحمل رياضيا وتعبر عن إجمالي الطاقة المطلوبة علي مدار الأربعة وعشرين ساعة.

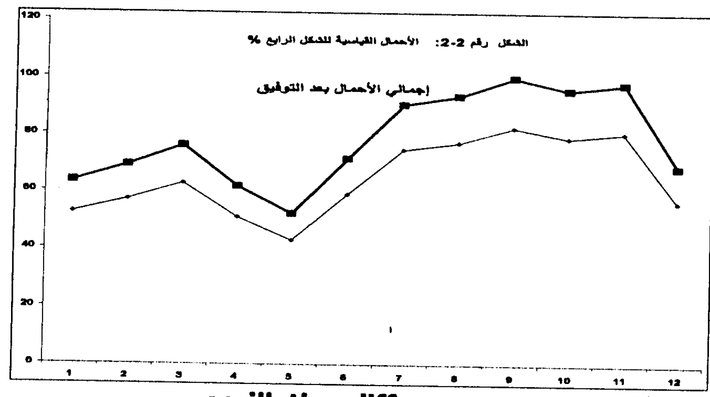
3-الحمل المتوسط average load

الحمل المتوسط يساوي القيمة المكافئة للحمل إذا ما استمر ثابتا في القيمة علي مدار اليوم ويمكن التعبير عنه رياضيا بالمعادلة:

$$\text{القيمة المتوسطة} = \frac{\text{المساحة الكلية تحت منحني الأحمال اليومية}}{24} \qquad (1-2)$$

الشكل رقم 2-2 يعبر عن النسبة الجبرية بين كلا من نوعي إجمالي الأحمال القياسية سواء الإجمالي أو ذلك المعدل المنسوب لأساس 100 % حيث تعبر ساعات اليوم الواحد علي عدالة التوزيع للحمل وهو ما تم حسابه من قبل في الجداول التي تخص الحالات الستة

في الفصل الأول والأشكال الأربعة في الحالي حيث كان يتم الجمع الحسابي للأحمال المتتالية بفرض أنها تشكل مستطيلا لكل ساعة بينما في الواقع تأخذ شكل الشبه منحرف وإذا تم تجميع كل أشباه المنحرف لتوصلنا لنفس النتيجة بدقة كاملة.



4- فرق التذبذب oscillation difference

هي قيمة جديدة يجب أن تدخل وبقوة في الحسبان بل ويجب أن تندرج تحت مسمي المعاملات الفنية لأنها لا تقل أهمية عن غيرها وهي قيمة التذبذب في التحميل أو فرق التذبذب وهو ما يتبع الصيغة:

$$\text{فرق التذبذب} = \text{القيمة القصوى} - \text{أدني حمل} \qquad (2\text{-}2)$$

فهي تمثل معامل الخطورة علي التشغيل لبدء وحدات التوليد ومن ثم إيقافها أو وضعها علي أهبة الاستعداد وهي من الأعمال الخطيرة من الناحية الفنية لتشغيل المحطات ويقع العبء الأكبر علي هذه المحطات كلما كان الفرق كبيرا ويعتمد العمل في مراكز التحكم الرئيسية علي هذا الفارق وكلما قل الفارق كلما أصبح العمل مريحا.

فرق التذبذب يعني التغير في الأحمال علي وحدات التوليد المختلفة بالشبكة الكهربية، أي التحميل علي المولدات مما يساعد علي التجهيز المسبق لهذه الوحدات حتي يكون إعدادها جيدا وتكون المولدات جاهزة للدخول علي الخدمة في الشبكة الموحدة. هذا يمثل معاملا أساسيا لمحطات التوليد وهو أيضا ما يهتم به المتخصصون بمراكز التحكم علي الرغم من أنه قد ينظر إليه بأنه غير ضروري.

اعتمادا علي هذه التعريفات الهامة نستطيع وضع التعبير الرياضي لمعامل التحميل والخاص بالقدرة في الصورة:

$$\text{معامل التحميل} = \frac{\text{القيمة المتوسطة للحمل}}{\text{القيمة القصوى}} \qquad (3\text{-}2)$$

كما يمكننا تحويل هذه المعادلة إلي صورة عامة أخري إذا تم الضرب بالقيمة الزمنية لمنحني الأحمال في كلا من البسط والمقام كي يكون التعامل مع معامل التحميل الإستهلاكي فتصبح:

$$\text{معامل التحميل} = \frac{\text{القيمة المتوسطة} \times \text{الزمن}}{(\text{القيمة القصوى} \times \text{الفترة الزمنية})} \quad (4\text{-}2)$$

لذلك نجد هذه القراءات للأشكال الأربعة كما وردت في الجدوال رقم 2-14، حيث تم تضمين الجدول القيمة المحسوبة لمعاملات التحميل الأربعة وهي التي لابد وأن تقل عن القيمة الوحدة (أقل من الواحد الصحيح) وهو الاستنتاج الواضح من المعادلات الرياضية المختلفة المحددة لقيمته.

جدول رقم 2-14: اختيار الحالات السابقة لنوعية الأحمال القياسية

الشكل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
الطاقة الإجمالية	1825.64	1706.36	1315.71	1554.42
القيمة القصوى	100	100	100	100
زمن الذروة	3 عصرا	9 صباحا	8 ليلا	8 ليلا
القيمة المتوسطة	76.06	71.1	54.82	64.76
القيمة الأدنى	48.12	24.17	14.05	41.71
زمن أدنى حمل	3 صباحا	3 صباحا	2 صباحا	4 صباحا
حمل فرق التذبذب	51.88	75.83	75.95	58.29
معامل التحميل	76.06	71.1	54.82	64.76

جدير بنا أن نجدول قيمة معامل التحميل للحالات الستة الواردة بالفصل السابق في الجدول رقم 2-15 حيث يظهر لنا الفارق بين الحالات المختلفة حيث جاءت قسمة الطاقة الإجمالية في الجدول رقم 2-3 علي المدة الزمنية بعدد الساعات فتعطي القيمة المتوسطة نسبة إلي الحمل الأقصى 100 %. أما فرق التذبذب في الجدول رقم 2-16 حتى بين لنا أهميته وضرورة الاعتماد علية جوهريا.

جدول رقم 2-15: معامل التحميل للأحمال النوعية للحالات الستة القياسية السابقة

الحمل	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة	الحالة الخامسة	الحالة السادسة
صناعية	0.5897	0.742	0.7466	0.8004	0.7833	0.7281
زراعية	0.5233	0.541	0.5454	0.5579	0.4983	0.5095
تجارية	0.415	0.4133	0.362	0.3745	0.4095	0.3825
منزلية	0.534	0.566	0.6682	0.5302	0.5167	0.5787
خدمات	0.6875	0.6911	0.6896	0.7125	0.7592	0.7275
إدارية	0.4758	0.486	0.4843	0.4852	0.4779	0.4741

هذه الأرقام تعني الكثير حيث يظهر التذبذب الأوسع والذي يصل إلي 95 نسبة إلي الذروة.100 في الأحمال التجارية والتي تأخذ بشكل عام اكبر تذبذب بين بقية الأحمال يليها الأحمال الزراعية (84 – 88) ثم الإدارية (77 – 80) فالأحمال المنزلية وحتى أفضل (أقل) تذبذب مع الأحمال الصناعية والذي يتأرجح حول النصف (41 – 52 تقريبا). كلما قلت قيمة التذبذب كلما كان التشغيل مستمرا لفترات أطول لوحدات التوليد مما يعطي الاطمئنان للعاملين والقائمين علي الإشراف في مراكز التحكم ومحطات التوليد.

جدول رقم 2-16: فرق التذبذب للأحمال القياسية النوعية للحالات الستة السابقة

الحمل	الحالة الأولي	الحالة الثانية	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة	الحالة الخامسة	الحالة السادسة
صناعية	41.7	46	48	39.8	44.8	52.6
زراعية	88	88	86	86	86	84
تجارية	91	87	95	94	91	93
منزلية	74	77.6	73.5	82	80	79.5
خدمات	66.8	67.1	64.4	61.1	55.9	63
إدارية	80	76	79	77	76	78

ثانيا: معامل الاستغلال Use Factor

يعبر هذا المعامل عن الطاقة المهدرة من تلك المتاحة بالشبكة أو بمحطة التوليد في الصيغة:

$$\text{معامل الاستغلال} = \frac{\text{الطاقة المستخدمة}}{\text{الطاقة المتاحة}} \qquad (5\text{-}2)$$

نلك يوضح أهمية زيادة قيمته ويكون وهو شكلا آخر من معامل التحميل ويعبر البسط عن شكل مستطيل بطول الفترة الزمنية وعرض (ارتفاع) قيمته القيمة المتوسطة وهي مساحة مستطيل تساوي الطاقة المستهلكة فعلا بينما المقام يمثل مستطيلا بطول نفس الفترة الزمنية للمنحني وعرض (الارتفاع) الحمل المركب *installed capacity* معبرا عن مساحة مستطيل قيمتها الطاقة الكلية المتاحة أي يتم قسمة مساحة مستطيلين، كما أنه يجوز التعبير عن نفس المعامل علي النحو التالي:

$$\text{معامل الاستغلال} = \frac{\text{المساحة تحت منحنى الحمل}}{\text{الطاقة المتاحة}} \qquad (6\text{-}2)$$

هكذا نجد لزاما علينا تعريف الحمل المركب installed capacity وهو أقصي يمكن لمحطات التوليد أن تبثه إلي الشبكة الكهربية والطاقة المركبة هي عادة أكبر من الحمل الأقصى، وغالبا ما تكون في حدود 120 % من الحمل الأقصى. لهذا سوف نفترض في هذا الكتاب أن قيمة الحمل المتاح المركب بقيمة 120 % وهكذا يجلو لنا الفارق بين الحمل الأقصى وذلك المركب ويمكن أن نضع المعادلة رقم 2-6 في الصورة:

$$\text{معامل الاستغلال} = \frac{\text{معامل التحميل}}{\text{الحمل المركب الأقصى}} \qquad (7\text{-}2)$$

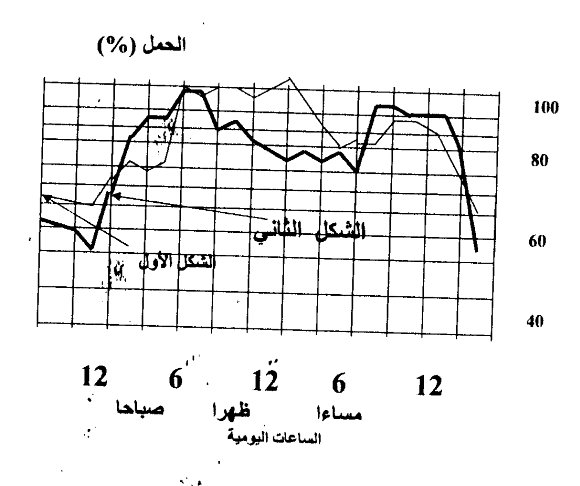
جدول رقم 2-17: معامل الاستغلال للأحمال القياسية النوعية للحالات الستة السابقة

الحمل / الحالة	الأولي	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
صناعية	0.4914	0.6183	0.3971	0.667	0.6527	0.6067
زراعية	0.436	0.4508	0.4545	0.4649	0.4152	0.4245
تجارية	0.3458	0.3444	0.3016	0.312	0,3412	0.3187
منزلية	0.445	0.4716	0.5568	0.4418	0.4305	0.4822
خدمات	0.5729	0.5759	0.5746	0.5937	0.6326	0.6062
إدارية	0.3965	0.405	0.4035	0.4043	0.3982	0.395

الآن نقدم معامل الاستغلال للحالات الستة السابقة في الجدول رقم 2-17وإضافة إلي ما سبق نجدول قيمة معامل الاستغلال الخاص بالأشكال الأربعة الكلية للحمل كما وردت في الجدول رقم 2-18 لنري الفارق بين المعاملين التحميل والاستغلال للأشكال الأربعة.

جدول رقم 2-18: معامل التحميل ومعامل الاستغلال للأحمال القياسية الكلية السابقة

الشكل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
معامل الاستغلال	0.6338	0.5925	0.4568	0.5396



الشكل رقم 2-3: منحني الأحمال الكلية

كما يمكننا أن نعبر عن معامل الاستغلال حسابيا بالمعادلة:

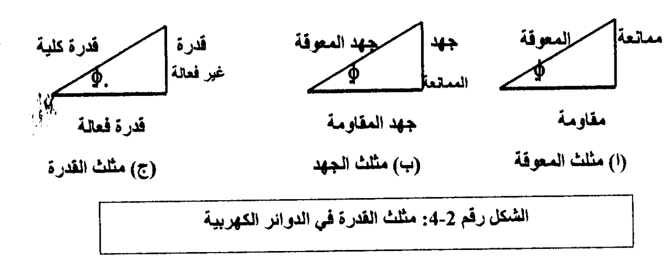
$$\text{معامل الاستغلال} = \frac{\text{القيمة المتوسطة}}{\text{القيمة المركبة}} \quad (8-2)$$

هو ما نستطيع ملاحظته من الجداول الأخيرة حيث أنه يعتمد علي النسبة بين القيمة المركبة والتي تعتمد علي المحطة ذاتها دون النظر إلي منحني الحمل وبين الحمل الأقصى وهو ما يظهر من منحني الحمل بغض النظر عن ما هو متاح أم لا في الشبكة. من ذلك نري أن معامل الاستغلال يشير إلي مدى استغلال الطاقة المتاحة لدينا أو نسبة ما نستغله من كل ما يمكننا الحصول عليه.

يشرح الشكل رقم 2-3 التغير الحادث علي الأحمال في شكل منحني مزعة علي مدار الساعات الأربع والعشرين لليوم الواحد حيث أن ورد من قبل كان يضع الساعات مسلسلة متتابعة رقميا. إن ذلك ليوضح لنا معني هذه المعاملات المذكورة من جهة ويبين التغير اليومي لها مضيفا للمفهوم الخاص بالأحمال المنظر الهندسي. يطلق علي معامل الاستغلال أيضا اسم معامل السعة Capacity Factor بحيث يدلنا علي مدي الاستفادة من السعة الكلية المتاحة لدينا.

ثالثا: معامل القدرة Power Factor

يعرف معامل القدرة بالنسبة المستعملة من الطاقة الموجودة فعلا التي تنتج عن ظاهرة التفاوت بين زاويتي الجهد والتيار مما ينشأ عنه ثلاث كميات من القدرة كلا في اتجاه مخالف للآخرين، كما تختلف الطاقة الموجودة عن تلك سابقة الذكر عاليه والتي تعرف باسم المتاحة أو المركبة. يرسم الشكل رقم 2-4 مثلث القدرة في الدوائر الكهربية والذي يعتمد علي الزاوية بين كلا من التيار والجهد والمسماة بالزاوية ϕ.



الشكل رقم 2-4: مثلث القدرة في الدوائر الكهربية

هذه الزاوية هي المؤثرة بدرجة كبيرة في كمية القدرة المستغلة والمنتفع بها من كامل القدرة المهدرة وكلما تساوت هاتين القدرتين كلما كانت الزاوية هذه مساوية للصفر وهو ما يجعلنا أن نميز هذه الزاوية الصفرية عن غيرها ويتم ذلك بأن جعلنا الزاوية صفرا تعني المميزات بينما علي النقيض إذا كانت 90° تلاشت القدرة الفعلية وأهدرت القدرة بالكامل ولذلك يتم وضع معامل القدرة مساويا جتا الزاوية المشار اليها لأن هذه النوعية من الدوال التي تحقق هذا المعني المراد.

هذا هو أيضا ما يظهر من خلال المعادلات الرياضية المستنتجة في كافة انواع التحليلات الرياضية والهندسية ولذلك نعبر عن معامل القدرة بالصيغة الحسابية التالية.

معامل القدرة = جتا (الزاوية بين جهد وتيار)= $(\cos \phi)$ (9-2)

في الشكل (أ) نري مثلث المعوقة impedance triangle واضلاعه هي المقاومة resistance والممانعة غير الفعالة reactance ووتره المعوقة impedance ومن أسس المتجهات vectors يمكننا ضرب كل هذه المتجهات الثلاث في متجه واحد وهو متجه التيار current vector المار بهذه المعوقة فنحصل آليا علي الشكل (ب) فتصبح الجهد voltage علي الممانعة والجهد علي المقاومة ضلعان بينما الجهد علي المعوقة يظل وترا وبذلك يسمي بمثلث الجهد وبالضرب مرة أخري أضلاع مثلث الجهد voltage triangle في نفس التيار فنحصل علي مثلث القدرة power triangle في الشكل (ج) وأطرافه تصبح القدرة الفعالة active power والقدرة غير الفعالة reactive power والقدرة الكلية total power.

من المنطق الفيزيقي لمعني معامل القدرة يمكننا صياغته بشكل آخر من خلال المعادلة:

$$\text{معامل القدرة} = \frac{\text{القدرة الحقيقية الفعالة المستهلكة فعلا}}{\text{القدرة الكلية الممكنة}} = \frac{\text{مقاومة الجهاز}}{\text{معوقة الجهاز}} = \frac{\text{الجهد علي المقاومة المستهلة للطاقة}}{\text{جهد معوقتها}} \quad (10\text{-}2)$$

لذلك يهمنا من الدرجة الأولي تحسين معامل القدرة (p. f.) لأنه يعتمد علي مكونات الشبكة ولهذا يمكننا تعديل قيمته والتحكم في نوعيته فمنه ما يسمي معامل القدرة السابق leading أو الآخر المتأخر lagging. في جميع الأحوال يؤثر معامل القدرة بشكل مباشر في فقد الطاقة المطلوبة والمتاحة غير أن قيمته تعتمد علي نوعية المعوقة وهو ما يعني نوعية الحمل وهنا عندما نتحدث عن الأحمال القياسية. علي الجانب الآخر يجدول الجدول رقم 2-19 بعض القيم التقريبية لمعامل القدرة الخاص ببعض نوعيات الأحمال القياسية ونجدها تتأرجح بين الوحدة و 0.4 وهو ما يدعونا إلي مزيد من الدراسة للوصول إلي أفضل معامل قدرة من خلال التعامل مع منحنيات الأحمال.

نستطيع التوصل إلي أفضل معامل قدرة بجمع الأحمال التي تعطي أفضل معامل قدرة للأحمال الكلية وهو ما سوف نتعرض له لاحقا في الفصول القادمة.

رابعا: معامل الفقد Loss Factor

يعتبر معامل الفقد المرآة الناقدة لمعامل التحميل حيث يلقي النظرة علي الضائع من الطاقة بالرغم من إمكانية استخدامها ويحاول توضيح ماهية الطاقة الضائعة وبالتالي يذكرنا باستمرار بأوجه القصور من ناحية الاستغلال أي يكون ضوءا مشعا علي معامل الاستغلال ولذلك يجب الاعتماد عليه في الأسلوب الهندسي الحديث حتي نصل إلي الوسائل المثلي اللازمة للتصميم ولوضع التخطيط المستقبلي في أبهى صورة ويمكننا التعبير عنه بالمعادلة الرياضية التالية:

جدول رقم 2-19 : بيان بمعاملات القدرة التقريبية لبعض الأحمال القياسية

نوعية الحمل	p. f.	الحمل	(p. f.)	نوعية الحمل	p. f.
مصابيح تنجستن	1	محركات	0.7	كيميائي	0.95
مصابيح فلورية	0,6	غسالات	0.8-0.75	زراعي	0.7
مصابيح فلورسنت	0.4	ثلاجات	0.8-0.6	تجاري	0.8
مصابيح فلورسنت محسنة	0.8	تهوية	0.8′	إليكترونية	0.9
أجهزة طهي	0.95	تكييف	0.8-0.7	صناعة ثقيلة	0.8-0.6
محركات سريعة	0.8	سخانات	1-0.9	دفايات	0.95

$$\text{معامل الفقد} = \frac{\text{المساحة فوق منحني الحمل}}{\text{المساحة الكلية للمستطيل كله}} \qquad (11\text{-}2)$$

هذا يوضح لنا معلومة أخري بأنه لا بد وأن نتبع المعادلة الأخرى للعلاقة بين معاملي التحميل والفقد وهي:

$$\text{معامل الفقد} + \text{معامل التحميل} = 1 \qquad (12\text{-}2)$$

هو ما يعني أن كلا من معاملي التحميل والفقد مساويا لعدد أقل من الواحد الصحيح ولا يمكن لأحدهما أن يتساوى مع الصفر. من هنا نتفهم أن الفقد سلبيا مع التحميل أي أن كل فقد هو تقليل من كمية التحميل والعكس بالعكس أي أن كل تحميل مضاف يعبر عن تقليل لكمية الفقد الموجود.

خامسا: معامل الاحتياطي Reserve Factor

نحتاج إلى معامل الاحتياطي كي يذكرنا بما لدينا من مخزون ممكن توليده عند الحاجة إليه وفي الحقيقة يتواجد هذا المخزون بكثرة طوال اليوم ولكنه يقل تدريجيا كلما اقتربنا من القيمة القصوى للحمل ولذلك تكون هذه اللحظة هي الحرجة وهي التي يتم تقييم معامل الاحتياطي عندها ويأخذ الصيغة:

$$\text{معامل الاحتياطي} = \frac{\text{السعة الكلية}}{\text{الحمل الأقصى}} \qquad (13\text{-}2)$$

من معناها فأنه من خلال قيمته نعلم الإمكانية الاحتياطية لدي الشبكة لتغطية حالات الطوارئ وخصوصا وقت الذروة.

سادسا: معامل التشتت Diversity Factor

يهم المهندسين أن تقل القيمة القصوى للحمل وهو ما نتطلع إلي تحقيقه باستمرار ونجد أن معامل التشتت ما يعطي لنا الفرصة لتحقيق هذا خصوصا وانه يتعلق بتجميع الأحمال الفرعية داخل الأحمال الكلية حيث يأخذ الصورة الرياضية:

$$\text{معامل التشتت} = \frac{\text{مجموع القيم القصوى للأحمال الفرعية}}{\text{الحمل الأقصى الكلي}} \qquad (14\text{-}2)$$

كما أنه لا بد وأن يكون أكبر من الواحد الصحيح كما يظهر هذا في الجدول رقم 2- 20 لقيمة معامل التشتت في الحالات الستة السابقة

نسبة إلي مكونات الأحمال القياسية، حيث نري القيمة الأكبر للتشتت الجيد بين القيم القصوى للأحمال القياسية الفرعية بالرغم من ان القراءات في الجدول تشير إلي العديد من المعاملات المساوية للواحد الصحيح. إن ذلك هو ما يعني تماما أن جميع القيم القصوى للأحمال الداخلة في التجميع في وقت واحد دون زحزحة زمنية، أما القيم الأكبر فيكون التزحزح من ناحية ونسبة المكونات من الجهة الأخرى والتي تؤثر بشكل مباشر في قرب القيمة القصوى لهذه الأحمال.

جدول رقم 2- 20: معامل التشتت للأحمال القياسية النوعية للحالات الستة السابقة

الحمل/ الحالة	الأولي	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
صناعية	1.01	1	1.01	1.02	1.04	1.02
زراعية	1	1	1	1	1	1
تجارية	1	1	1	1	1	1
منزلية	1	1.12	1.47	1	1.25	1.28
خدمات	1.28	1.24	1.27	1.29	1.45	1.37
إدارية	1	1	1	1	1	1

من هذه الأرقام نجد الواحد الصحيح في الأحمال الصناعية أحيانا والزراعية والتجارية دائما لاشتراكهم في القيمة القصوى في ذات الوقت بينما تظهر أكبر معاملات عند الأحمال المنزلية والخدمات لتنوع الطلب عليها ولذلك نضع معامل الاستغلال للأشكال الأربعة الخاصة بالأحمال الكلية القياسية في الجدول رقم 2- 21 لتنوع الأحمال المختلفة طبقا لما سبق شرحه.

سابعا: معدل تغير الحمل Rate of load variation

إن معدل تغير الحمل كمعامل هام لأنه يعبر عن حالة الحمل غير الثابتة والتي تتأرجح بين الزيادة والنقصان ولذلك نجد هذا المعدل يشمل:

1- معدل ارتفاع الحمل Rate of Rise of Loading (RRL)

هذا المعدل (معدل ارتفاع الحمل) هو الأمر الذي يحدث بصفة مستمرة علي مدار المنحني بدءا من الحمل الأدنى وصولا إلي القيمة القصوى ويعتبر هاما وخصوصا بالنسبة للمولدات الكهربية بالشبكة الكهربية.

2- معدل الانخفاض Rate of Unloading (RU)

معدل الانخفاض هو المعامل الذي يتعادل مع معدل الارتفاع بحيث يجب أن يتساوى معدل الإرتفاع مع معدل الانخفاض علي مدار المنحني كاملا ولذلك نجد أن هذا المعدل قد يأخذ نوعين من التغير هما:

جدول رقم 2- 21: معامل التشتت للأحمال القياسية الكلية للأشكال الأربعة

الشكل	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
معامل التشتت	1.1786	1.19	1.12	1.21

ا) معدل التغير الإستاتيكي Static Rate of Change

هذا المعدل هو ما يتم حسابه رياضيا بناءا علي:

$$\text{معدل التغير} = \text{القراءة الحالية} - \text{القراءة في الساعة السابقة} \qquad (15\text{-}2)$$

إن هذا المعدل والخاص بالتغير في القراءة الدورية يمكن أن يظهر في الشكل الرياضي علي المحاور الكارتيزية بشكل التوصيل بين النقطتين ونحصل علي الفارق بين المحور الرأسي دون النظر عن القيمة الموجودة بالنسبة للمحور الأفقي وهو ما يظهر في الشكل الرياضي الحسابي عدديا كما هو معطي في المعادلة رقم 2 – 15 ، حيث أن الفارق قد يكون موجبا فيصبح الفارق المعدل تزايديا بينما يكون بالعكس سلبيا إذا ما كان الفارق سالبا أي أنه سيكون المعدل متناقصا.

ب) معدل التغير الديناميكي Dynamic Rate of Change

معدل التغير الاستاتيكي هو ما يمكن حسابه جبريا بالمعادلة:

$$\text{معدل التغير} = \frac{\text{(القيمة القصوى – القيمة الدنيا)}}{\text{الفرق الزمني بينهما}} \qquad (16\text{-}2)$$

جدول رقم 2- 22: معدلات التغير في الأحمال للحالتين الثالثة والرابعة

من / إلي صباحا	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة	من / إلي مساءا	الحالة الثالثة	الحالة الرابعة
12 / 11	13.08 -	25.2 -	12 / 11	14.63 +	6.55 -
1 / 12	6.53 -	7.84 -	1 / 12	6.3 -	5.83 +
2 / 1	0.92 -	1.61 -	2 / 1	6.78 +	6.8 +
3 / 2	1.84 +	2.79 -	3 / 2	9.08 -	14.37 -
4 / 3	0.06 +	10.56 +	4 / 3	5.76 -	9.45 -
5 / 4	9 +	20 +	5 / 4	16.99 +	19.3 +
6 / 5	2.21 -	2.5 -	6 / 5	27.56 +	19.1 +
7 / 6	5.42 -	11.57 -	7 / 6	1.21 +	2.96 +
8 / 7	16.87 +	17.64 +	8 / 7	3.04	6.55 +
9 / 8	1.52 -	6.18 -	9 / 8	2.51 -	4.36 -
10 / 9	7.06 +	7.42 +	10 / 9	1.39 +	2.26 +
11 / 10	1.19 +	3.31 +	11 / 10	54.29 -	29 -

جدول رقم 2- 23: معدل الزيادة ومعدل الإنخفاض الإستاتيكي للأشكال الأربعة السابقة

البيان / الحالة	الأولي	الثانية	الثالثة	الرابعة
القيم القصوى وقت حدوثها	100 3 م	100 8 ص	100 8 م	100 8 م
القيمة الدنيا وقت حدوثها	48.12 3 ص	24.17 3 ص	24.05 2 ص	31.15 3 ص
فرق الحمل	51.88	75.83	75.95	68.85
الفرق الزمني	11	5	18	17
معدل الزيادة	4.716	15.166	4.219	4.05
زمن الانخفاض	13	19	6	7
معدل الانخفاض	3.99	3.99	12.65	9.835
معدل الزيادة /الانخفاض	1.18	3.8	0.333	0.411

هذا المعدل اما أن يكون للزيادة أو للنقص فيه ولذلك يختلف الزمن في الحالة الأولي (الزيادة) بأن يكون الزمن من القيمة الدنيا وحتى أقي قيمة للحمل بينما يحسب الزمن بالعكس في الحالة الثانية (معدل الانخفاض)، ولهذا نجد التغير الديناميكي لكل ساعة لكل من الحالتين الثالثة والرابعة قد تم حسابه في الجدول رقم 2- 22. من النتائج الواردة في هذا الجدول نري أيضا أن مجموع معدلات الزيادة الحملية تتساوى مع معدلات الانخفاض في الحالة الثالثة بينما يوجد فرق بسيط قدره 0.31 في الحالة الرابعة، وهذه الفروق تأتي من التقريب الحادث نتيجة إهمال الكسر العشري الثالث وما بعده فنصل إلي فرق بسيط ولا بد من تواجده بصورة عامة.

جدول رقم 2-24 : قراءات منحني الحمل الزمني للأشكال الأربعة

عدد ساعات التحميل	الشكل الأول	الثاني	الثالث	الرابع
1	100	100	100	100
2	96.74	98.38	98.88	97.9
3	96.18	94.05	97.49	95.64
4	95.63	93.38	96.96	93.45
5	95.1	92.73	95.75	90.49
6	94.6	92.4	68.19	75.91
7	93.37	90.75	66.03	71.39
8	86.78	89.33	65.55	69.83
9	83.72	88.63	59.25	69.11
10	81.63	87.35	56.95	68.59
11	81.21	81	51.19	66.52
12	79.26	79.99	50.92	65.28
13	78.86	78.72	49.73	63.28
14	77.48	78.35	44.59	61.71
15	74.9	76.31	44.19	61.54
16	71.49	74.18	42.67	59.21
17	63.66	73.81	34.95	59.1
18	62.5	73.39	32.74	52.09
19	60.91	70.05	31.5	47.64
20	53.53	53.49	27.32	43.39
21	51.83	34.3	25.95	41.71
22	49.25	31.78	25.89	35.55
23	48.83	30.82	24.97	33.94
24	48.12	24.17	24.05	31.15

تهتم الدوائر الفنية المختصة بتشغيل الشبكات الكهربية والتحكم فيها بهذه المعدلات وهي ما تنم عن ضرورة الاستعداد عند التغير العالي مثل الحادث في الساعة الحادية عشر مساءا في الحالة الثالثة حيث يصل معدل التغير بالزيادة بقيمة 54.29 وتصل في الحالة الرابعة في ذات التوقيت بقيمة 29 مع النقص وليس الزيادة بينما أكبر زيادة بقيمة 20 عند الساعة الخامسة صباحا. أما التغير الاستاتيكي فقد تم حسابه علي النحو الذي جاء في الجدول رقم 2- 23.

من الجدول نستطيع التأكيد علي أن معدل الزيادة الاستاتيكي يعني درجة الخطورة لتحميل الوحدات التوليدية علي المدى الزمني

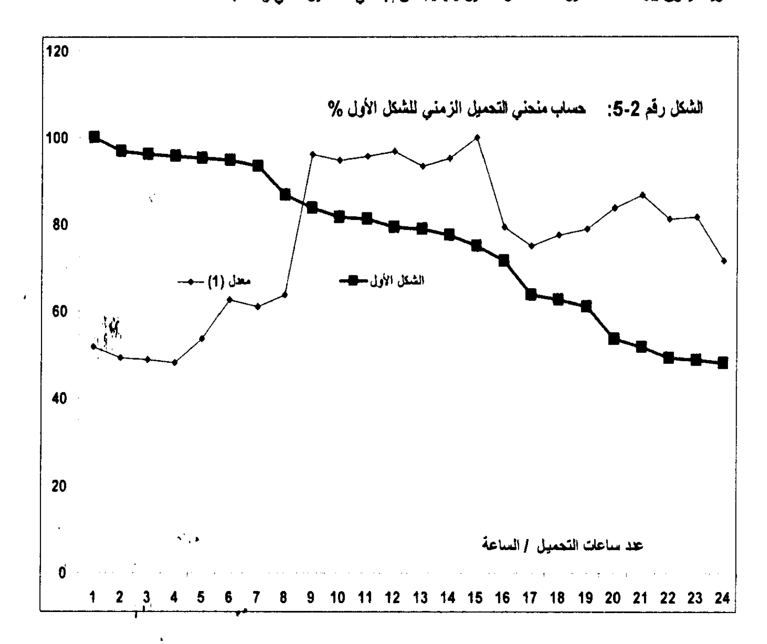
المسموح به بينما يرتفع هذا الخطر في الحالة الثانية تحديدا حيث وصل المعدل إلى القيمة 15.166 بينما يكون أقل خطرا في الحالة الرابعة وتظهر هذه العملية من المدة الزمنية البينية للوصول إلى القيمة القصوى والتي تتمثل بخمسة ساعات فقط في الحالة الثانية وأقلها في الحالة الثالثة (18 ساعة) ولهذا يتضح أهمية حساب نسبة القسمة بين المعدلين كما جاء في السطر الأخير من الجدول فنجد أعلى نسبة هي الحالة الثانية وأقلها هي الحالة الثالثة.

ثامنا: زمن التحميل Load Time

يهمنا هنا بالدرجة الأولي فترة التحميل للحمل عند الحدود سواء كانت القصوى أو الدنيا ولذلك يجب تحديد معاملات زمن التحميل في الحالتين كما يلي:

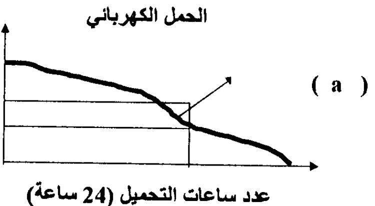
1- فترة الذروة Peak Duration

هكذا نستطيع أن نحصل على قراءات منحني التحميل الزمني من خلال نتائج منحني الأحمال وهي الواردة في الجدول السابق ومن ثم نأتي بكلا من منحني الأحمال للشكل الأول ومنحني التحميل الزمني المرادف له حيث أن المحور الأفقي في حالة منحني الأحمال يمثل الساعة أما هذا المحور يصبح ممثلا لمجموع ساعات التحميل لهذا الحمل عند كل قياس وذلك في خلال اليوم الواحد. من الجهة الأخري يمكن إعتبار أن الأربعة وعشرين ساعة ممثلة لقيمة 100 % وبالتالي يكون مجموع الساعات التحميلية منسوبا إلى القيمة المئوية فيكون 12 ساعة تحميل مثلا تعادل تحميل 50 % من إجمالي التحميل الكلي وهكذا.

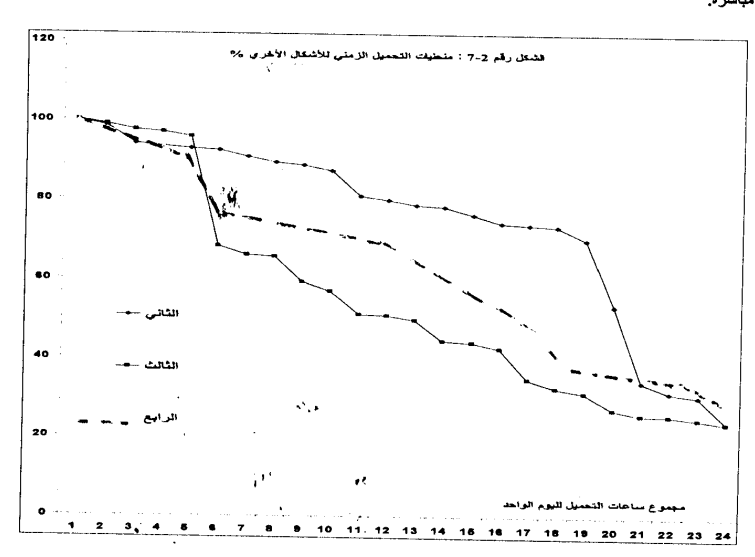


هو ما تكون فيه كل المولدات والمحولات عند القيمة القصوى للتحميل وقد يكون منهم ما هو فوق المقنن بالمعدلات المسموح بها وترتفع درجة الاستعداد في مراكز التحكم الرئيسية والإقليمية وتعلن حالات الطوارئ من الناحية الفنية لتكون البدائل جاهزة عند الضرورة. كما أن هذه الذروة وبقية الأحمال تعتمد علي الشكل الزمني للحمل والذي نضعه علي شكل يسمي منحني الحمل الزمني أو منحني التحميل الزمني load duration curve (جدول رقم 2-24) وهو ما يأخذ المنظر العام الموضح في الشكل 2- 6 كي نستطيع فهم كيفية إستنتاج المنحني الخاص بالتحميل الزمني سواء بالجدول السابق أو في الشكل السابق.

نري في الشكل رقم 2-6 المنحني الزمني للحمل فقد يأخذ أشكالا مختلفة من حيث الامتداد ومدة الحمل الواحد ويتشكل في هيئة منحني ولكننا سوف نعتبر التغير خطي ومن ثم نحصل علي الأشكال الخطية التي تسمح لنا الحساب بسهولة ودقة وهو ما سوف نحتاج إليه في الجزء التالي مباشرة.



الشكل رقم 2-6: منحني الحمل الزمني



هكذا ومن النتائج الواردة في الجدول السابق لإجمالي الأحمال وقيم منحني التحميل الزمني وعلي غرار ما تم بالنسبة للشكل الأول نرسم شكل منحنيات التحميل الزمني للحالات الثلاثة المتبقية وهو ما جاء في الشكل 2-7.

2- زمن الحمل الخفيف Light Load Time

تتمثل هذه الحالة في بعض الأحيان بمكن الخطورة في أداء الشبكات إذا ما كانت قد دخلت منطقة عدم الاتزان وهو ما يجب أن يوضع تحت الدراسة مسبقا حماية للمعدات وللمستهلكين للطاقة.

3- معدل تحميل وحدات التوليد Rate of a Unit Loading

يأتي دور تحميل الوحدات في محطات التوليد علي رأس القائمة حيث أن كل المعدلات السابقة تمثل الأساس للتعرف علي معدل تحميل المولدات وخصوصا في الحالات الطارئة وهو ما نبحث عنه من أجل الاستقرار التشغيلي للشبكة ككل وللمولد بصفة خاصة حيث أنه أول المكونات التي تتأثر بالحالات الطارئة. كما يمكننا التعبير عن معدل التحميل رياضيا بالمعادلة:

معدل التحميل = مساحة الحمل الفعلية / مساحة المستطيل كاملا = مساحة الحمل الفعلية (A) / (المساحة الفعلية + الجزء الضائع (a)) (16-2)

باستخدام هذه المعادلة وبالرجوع إلي الجدول السابق نحصل علي معامل التحميل عندما يتم تحميل مولد لمدة تتراوح من 5 – 3 ساعات بالنسبة للشكل الرابع كمثال ونوضح حالة المولد الذي يتحمل العبء لمدة 5 ساعات من الذروة بالأرقام فيما يلي:

المساحة الضائعة = الطاقة الضائعة =

= (90.49 – 100) – (90.49 – 93.45) /2 + (93.45 – 100) – (93.45 - 95.64) / 2 + (95.64 – 100) – (95.64 – 97.9) /2 + (97.9 – 100) – (97.9 – 100) / 2

= 9.51 – 1.48 + 6.55 – 1.095 + 4.36 – 1.13 + 2.1 1.05

= 8.03 + 5.455 + 3.23 + 1.05 = 17.765

بينما نستطيع أن نحصل علي:

المساحة الكلية للمستطيل = (100 –90.49) × 5= 47.55

نجد أيضا أن:

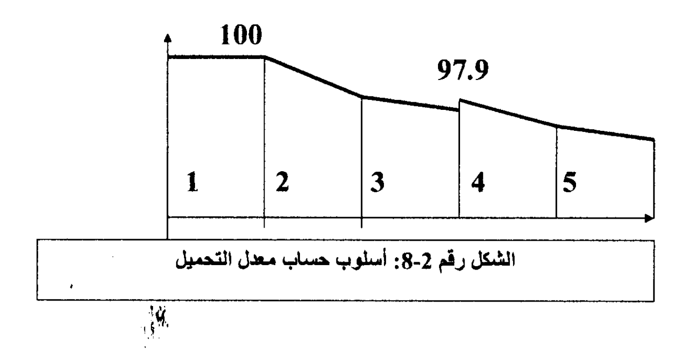
$$\text{معامل التحميل للمولد} = \frac{47.55}{65.315} = 0.728$$

قد قدم الجدول رقم 2-25 هذه الحسابات للمدد الزمنية من 5 – 3 ساعات.

جدول رقم 2- 25: معدل التحميل للمولد مع الجمل الزمني المرتبط زمنيا للشكل الرابع

مدة التحميل	5	4	3	2
المساحة الضائعة	17.765	9.735	4.28	1.05
المساحة الفعلية	47.55	26.2	13.08	4.2
المساحة الكلية	65.315	35.935	17.36	5.25
معدل التحميل	0.728	0.729	0.7534	0,8

يمثل الشكل رقم 2-8 منظرا توضيحيا لهذه الحسابات وهي لحالة الذروة في الحالة الرابعة



الشكل رقم 2-8: أسلوب حساب معدل التحميل

CLASSIFICATION OF LOADS تصنيف الأحمال

سبق في الفصلين السابقين أن قدمنا بالتفصيل الأحمال القياسية سواء تلك النمطية أو الأخري الإجمالية الكلية، وكيف أن الأحمال النهائية تعبر عنها تبعا لنسبة دخولها معا في الحمل النهائي. هذه الأحمال النمطية تمثل المعيار الأساسي الذي يدل علي الحمل الفعلي لما يتم استهلاكه أو إنتاجه في محطات التوليد الكهربية محددا قدراتها، وحيث أن هذه الأحمال تتغير فظهر منحني الأحمال الشامل وهو ما قد يحتاج إلي التصنيف. ذلك المبدأ أي التصنيف هاما لتبسيط موضوع دراسة الأحمال الكهربية في شبكات الطاقة الكهربية. كما يمكننا تقسيم الأحمال تبعا للعديد من المحاور والمسميات، سواء من حيث الغرض منها أو نوعها بالوحدات القياسية أو أهميتها علي الساحة الاستهلاكية أو مكان استخدامها إلي غير ذلك من التصنيفات. لذلك نتناول هذا التصنيف بشكل عام كموضوعات متشابكة أو مستقلة ومنها الحالات التي نتناولها في البنود التالية التي نسطرها في ما هو آت.

1-3: الأحمال النوعية TYPICAL LOADS

يقصد بالأحمال النوعية ما نضعه من تقسيم للأحمال طبقا لنوعيتها، حيث تختلف هذه الأحمال سواء تبعا لوحدة القياس أو لغير ذلك خصوصا وإنها تتباين من قدرات إلي تيارات. هذا الأمر هو الذي يزيد من الحاجة إلي التقسيم النوعي لتحديد الوحدات المتشابهة، حيث التعامل مع التيار المتردد كما هو الحال في الشبكات الكهربية، ومن ثم نضعها في أربعة أنواع هي:

أولا: الأحمال الفعالة Active Loads

الأحمال الفعالة تعبر عن الأحمال التي تقاس بالوات أو الكيلو وات أو الميجا وات وكل هذه الوحدات تعتبر قياسا موحدا، ولكن تتغير تبعا للكم المقاس منها. كما أنها تمثل القدرة المستعملة فعلا من القدرات المتاحة بكل أنواعها، وهي الأحمال شائعة الاستخدام من خلال منحنيات الأحمال. إن منحنيات الأحمال تعطي الفرصة لحساب الطاقة المستخدمة فعلا، وهو ما يضفي علي هذا النوع من الأهمية من حيث الاعتماد عليها في المحاسبات المالية عند تحديد تكلفة الطاقة المستهلكة أو المولدة. هذا الوضع يظهر جليا في السعر السلعي للطاقة المنزلية، كما أنه يعطي المعيار الحقيقي لمدي استغلال الطاقة المتاحة لدي محطات التوليد العاملة بالشبكة.

ثانيا: الأحمال غير الفعالة Reactive Loads

تختفي هذه النوعية من الأحمال في الدوائر العاملة بالتيار المستمر بينما تبدأ في التواجد بالدوائر العاملة بالتيار المتردد وهو التيار الموجود فعلا في الشبكات وتقاس هذه النوعية من القدرات بوحدات ((MVAR)) علي غرار ما ذكر في القدرة الفعالة حيث يقابلها هناك (MW). وجدير بالذكر أن هذه الأحمال غير مرغوب فيها لأنها تتواجد نتيجة مكونات الشبكة والأجهزة الاستهلاكية حيث تظهر المعوقة (impedance) بدلا من المقاومة (resistance) منشئا الممانعة (reactance) والتي تمثل هذه القدرة غير الفعالة، ويمكن إيضاح هذا الأمر من خلال الشكل رقم 1-3 حيث نجد أن التيار المستمر يعطي استهلاكا كاملا وتاما لكل القدرة الموجودة وهو ما يعني:

$$\text{القدرة الكلية (VA)} = \text{القدرة الفعالة (W)} \qquad (1\text{-}3)$$

الجهد
التيار

الشكل رقم 3-1: خواص دوائر التيار المستمر

قدرة كلية
قدرة غير فعالة
قدرة فعالة

الشكل رقم 3-2 : خواص دوائر التيار المتردد

حيث يصبح كلا المتجهين الخاصين بالتيار والجهد في اتجاه واحد فيكون حاصل ضرب التيار في الجهد مساويا لوحدات الوات فعلا، أما في حالة التيار المتردد فتظهر القدرة غير الفعالة وفي اتجاه عمودي علي اتجاه القدرة الفعالة فتكون القدرة الكلية محصلة لهما. هكذا نجد أن الأحمال غير الفعالة غير مرغوب فيها بالشبكة لأنها تزيد من الفقد الكهربي كما تنقل عملية الاتزان إلي مناطق قد تصبح حرجة أحيانا، ويتحدد معامل القدرة (power factor) بالنسبة المستغلة فعلا من الطاقة المتاحة المستهلكة.

ثالثا: الأحمال الكلية Total Loads

تعتبر الأحمال الكلية من أهم النوعيات لأنها تدل علي القدرة الحقيقية التي يتم توليدها بصرف النظر عن ما يتم استغلاله منها فهي القدرة التي يتم عليها إنتاج الطاقة والتي تشمل كلا النوعين السابقين (الظاهرية الكلية والفعالة)، وهي محصلة القدرتين السابقتين وتقاس بوحدات (VA) أو (MVA) ويبين الشكل رقم 3-2 المحصلة الهندسية لمجموع القدرتين لحظيا وهي تتبع المعادلة:

جدول رقم 3-1: النتائج المحسوبة للقدرات المختلفة لذات الحمل بوحداتها

س	فعالة (م.وات)	غير الفعالة م.ف.أ.ر	كلية م.ف.ا.	p. F.	س	فعالة م. وات	غير فعالة م.ف.أ.ر	كلية م.ف.ا.	p. F.
12	169.2	114.6	206.6	0.819	12	338.8	234.3	411.5	0.823
1	176.3	118.2	213.1	0.816	1	339.8	228.7	401.1	0.822
2	173.8	118.9	212.9	0.816	2	328.2	229.2	399.5	0.822
3	167.4	108.4	204.6	0.818	3	320.2	223.8	390.1	0.821
4	171	111.5	206.4	0.828	4	268.5	185	325.8	0.824
5	171	111.5	206.4	0.828	5	289	196.5	350.2	0.825
6	191.6	123.7	230.4	0.832	6	292.8	198.4	354.6	0.825
7	227.9	156.4	278.7	0.818	7	298	201.2	361.3	0.825
8	326.2	230.1	400.7	0.814	8	307.8	208.2	373.4	0.824
9	341.5	240	417.9	0.817	9	310	213.2	379.3	0.817
10	342	238.6	416.8	0.821	10	286.9	197.1	347.5	0.826
11	332.2	229.4	403.3	0.824	11	260.4	180.3	319.4	0.815

(حمل كلي)^2 = (الحمل الفعال)^2 + (الحمل غير الفعال)^2 (2-3)

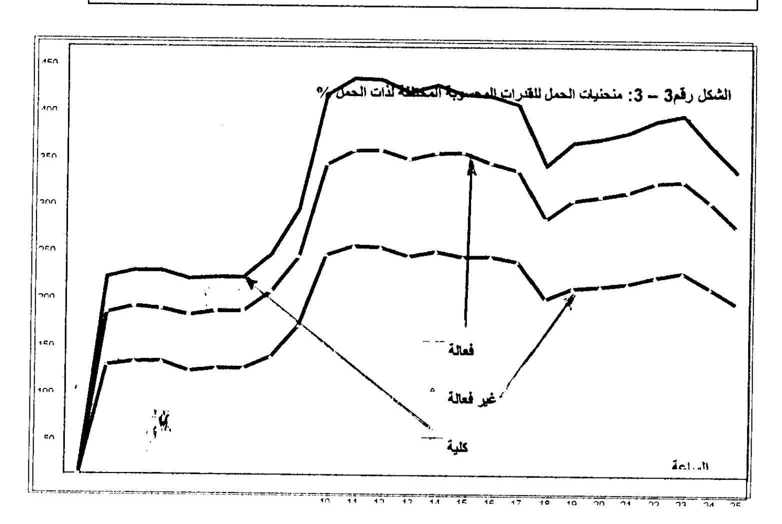
هذه القراءات الواردة في الجدول رقم 3 -1 قد أعيد توضيحها بالرسم كما هو وارد في الشكل رقم 3 – 3 حيث جاءت القدرة الفعالة وتلك غير الفعالة وكذلك القدرة الكلية، ومن هذا الرسم يتضح أن التغير في كل الطاقات (القدرات) متشابه مما يوضح أنه لا يوجد فارق كبير بين القدرة الفعالة وتصرفها نسبة إلي القدرة غير الفعالة.

من الناحية الأخري التغير الذي يظهر الفارق بين كلا من هاتين القدرتين يتلخص في تغير معامل القدرة لحظيا حيث أنه يختلف تبعا لنوعية الأحمال المطلوبة أو تلك الأحمال العاملة بالشبكة، ومن ثم فقد أورد الشكل رقم 3 – 4 التغير اليومي لمعامل القدرة والذي يبين مدي أهمية هذا المعامل للتفرقة والمقارنة بين كلا من القدرة الفعالة وتلك غير الفعالة.

يكون مقدار الاستعمال الفعلي من القدرة الكلية عبارة عن النسبة بين القدرة الفعالة إلي الكلية وهو ما يعرف باسم معامل القدرة، ويعطي الجدول رقم 3-1 القراءات الحسابية لأحد الأحمال مع تواجد تغير طفيف في قيمة معامل القدرة. كما يلزم التنويه بأن المنحني

الحملي هنا يتبع نقاط الحمل الكلي (MVA) كقيمة مطلقة حسابية وليست كمتجهات وهو نوع من التقريب ليساعد في فهم الموضوع مع عدم الإخلال في النتائج عن تلك الحقيقية فيما إذا اعتبرت القيم الفعلية باتجاهها، وتتبع منحني الأحمال الكلية (MVA) التعبير الرياضي:

الأحمال الكلية = مجموع القيمة المطلقة اللحظية للحمل الكلي بوحدات (MVA) (3-3)



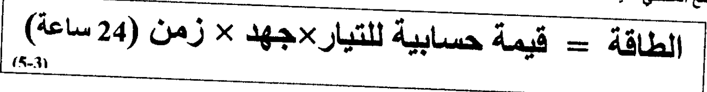
هكذا نحصل على قيمة الطاقة المستهلكة والمنتجة من المولدات تبعا للمعادلة:

الطاقة اليومية = مجموع قيمة القدرات الكلية × 24 (4-3)

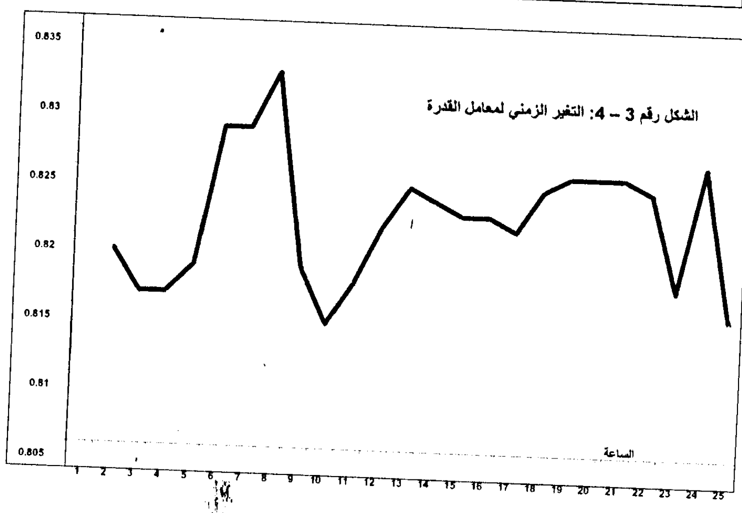
رابعا: أحمال التيار بوحدات الأمبير Loads in Ampere

تمثل وحدات الأمبير الأسلوب الأسهل أمام المتخصصين بالمحطات والتوزيع حيث يهتم العاملون بوحدات الأمبير حتى يظهر أمامهم القرب من تيارات الحمل الأقصى وهذا ما نجده في القراءات التالية الفعلية. جدير بالذكر أن هذه التيارات عبارة عن متجهات متباينة

الاتجاه والزوايا مما يجعل هذه المنحنيات غير صحيحة بالرغم من شيوع استخدامها والاستعانة بها في القراءات المختلفة، إلا انه يتم وضع المنحني للقيمة المطلقة للتيارات كما سبق التنويه عنه في حالة الأحمال الكلية وهكذا تخضع قيمة الطاقة المستهلكة للقانون:



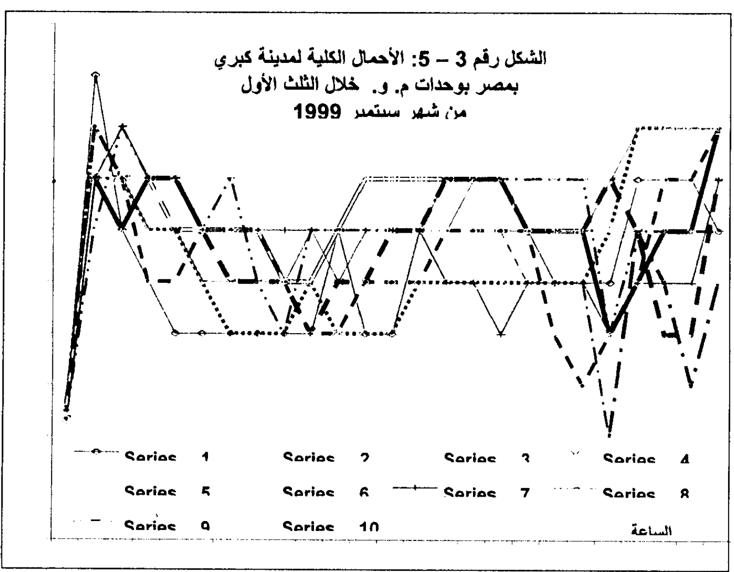
الطاقة = قيمة حسابية للتيار×جهد × زمن (24 ساعة) (5-3)



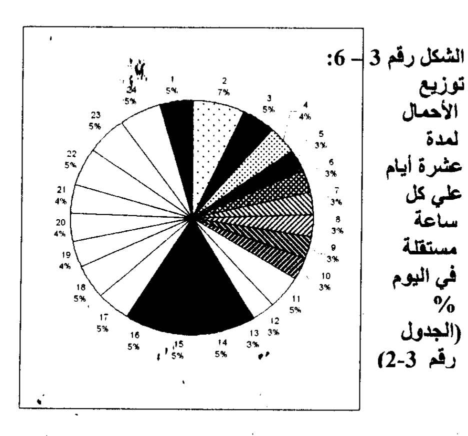
الشكل رقم 3 – 4: التغير الزمني لمعامل القدرة

3-2: الأحمال التوقيتية TIME LOAD CURVES

تعتبر الأحمال التوقيتية واحدة من أهم المعاملات اللازمة عند التخطيط المستقبلي للدولة، أو بالمعني الأصح بالنسبة لكل مدينة تتطور أو تلك المدن الجديدة أو المدن المتجدة عند القضاء علي العشوائيات. إضافة إلي ذلك فان نوعية الحمل تختلف عن زمن الحمل وهنا نحن نتعلق مع موضوع التوقت الزمني للحمل، مما يقودنا إلي أهمية دراسة التوقيت الخاص بالحمل. من الضروري التعرض لأحمال حقيقية فعلية وليست إفتراضية، ولهذا تم الحصول علي القراءات الفعلية لأحد المدن الكبري في جمهورية مصر العربية، ويعرض الجدول رقم 3 – 2 الأحمال الكلية لمدينة كبري بمصر بوحدات (م. و) وذلك خلال العشرة أيام الأولي من شهر سبتمبر 1999. نزيد من المعني العام لمنحنيات الأحمال فنصل إلي التنويع التوقيتي المتباين حيث نجد أن الأحمال تتغير من وقت إلي أخر ومن زمن إلي غيرة بل ومن موقع إلي ما قد يشابهه شكلا ولكن بأحمال مختلفة ولنفس التوقيت ومن هنا كان من الضروري التعرض لهذه التقسيمات الزمنية علي النحو المفصل فيما بعد. إضافة إلي ذلك نضع هذه القراءات في الشكل رقم 3 – 5 لتوضيح المنظر العام للتغير في الأحمال علي مدار العشرة أيام هذه ومن ثم نستطيع التحليل.



من الشكل نري أن التغير كبير بين الأيام المختلفة تحت الدراسة وهو ما لم نكن نستنتجه من الجدول. هذا التغير يظهر في يوم عن غيره بينما قد تظهر قراءات مفاجئة لأحمال وقتية طارئة غير معتادة كما ظهر في اليوم الأول حملا أقصي قيمته 90 م وات في تمام الساعة 12 منتصف الليل، كما يظهر أختلافا بيت توقيت الأحمالا لمختلفة لهذه الأيام.



الشكل رقم 3 – 6: توزيع الأحمال لمدة عشرة أيام علي كل ساعة مستقلة في اليوم % (الجدول رقم 3-2)

أولا: الأحمال اليومية Daily Loads

نهتم الآن بالأحمال اليومية ومن الجدول السابق نستطيع الحصول علي التحميل اليومي لكل ساعة خلال العشرة أيام ونحصل علي نسبة إستهلاكها للطاقة كما نراه في الرسم الإحصائي رقم 3 – 6 حيث تكون التوزيعات

متساوية للعشرة أيام في كل ساعة بنسبة مئوية قدرها 5 % في أغلب الساعات بينما تأرجحت في باقي الساعات ما بين 3 % إلي 5 % ، ما عدا الساعة الثانية فكانت النسبة الأكبر وهي 7 %. وهذا نادرا بالنسبة للتوزيع الحملي المعتاد إلا أنه يظهر نتيجة النشاط التجاري اليومي شبه الثابت فس إستهلاك الطاقة الكهربية.

نبدأ هذه النوعية الأحمال التوقيتية بالمنحني اليومي حيث يكون المدار اليومي (24 ساعة) ممثلا للمحور الزمني الأفقي بينما الأحمال بأشكالها الأربع بوحدات (MW) أو (MVA) أو (MVAR) أو (A) محددة علي المحور الراسي ونأخذ مثالا فعليا كما يدرجه الجداول رقم 3-2 ورقم 3-3 ورقم 3-4 حيث يعرض الأحمال اليومية بوحدات (MW) لمدينة كاملة خلال شهر سبتمبر 1999 فكل جدول يعطي القراءات الخاصة بعشرة أيام وبطريقة متتالية.

جدول رقم 3-2: الأحمال الكلية لمدينة كبري بمصر بوحدات (م. و) خلال الثلث الأول من شهر سبتمبر 1999

اليوم	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
الساعة	12	90	70	80	70	70	70	70	70	60	80
	1	60	80	70	70	60	70	80	70	80	70
	2	50	70	60	70	70	70	70	60	70	50
	3	40	70	60	60	70	60	70	60	70	50
	4	40	60	50	60	60	60	60	50	60	60
	5	40	60	40	50	60	60	60	50	70	60
	6	40	60	40	50	60	60	60	50	50	60
	7	40	50	40	50	50	50	60	50	40	50
	8	40	60	50	40	50	50	60	60	60	40
	9	60	60	40	50	60	60	50	50	60	40
	10	40	60	40	50	70	70	60	60	60	50
	11	40	60	40	60	70	70	60	60	60	50
	12	60	60	50	60	70	70	60	60	60	50
	1	70	60	50	70	70	70	50	60	70	60
	2	60	60	50	70	70	60	50	70	70	60
	3	60	60	50	70	70	60	40	70	70	60
	4	60	50	50	60	60	70	50	60	70	60
	5	50	50	50	60	60	60	50	60	70	40
	6	50	50	50	60	60	60	50	60	70	30
	7	50	20	60	70	40	60	40	70	40	40
	8	70	60	80	60	50	70	50	80	60	50
	9	70	50	80	40	60	80	50	80	60	70
	10	70	30	80	40	60	80	50	80	60	70
	11	60	50	80	70	80	80	70	80	60	80

نستطيع ملاحظة التكرار النمطي للأحمال خلال العشرة أيام الوسطي من شهر سبتمبر بشكل عام بينما ظهرت القيمة القصوي أيضا بالقيمة 90 م وات في اليوم الأخير ولمدة ثلاث ساعات متتالية في الساعة 7 و 8 و 9 مساءاً وهو وقت الذروة المعتاد، وهو ما يعبر عن أن القيمة القصوي لا تظهر بشكل منتظم في هذه الأحمال.

جدول رقم 3-3: الأحمال الكلية بوحدات (م. و.) في الثلث الأوسط من شهر سبتمبر 1999

الساعة / التاريخ	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	60	70	60	80	60	60	80	70	60	80
1	70	60	70	70	70	70	80	70	70	70
2	70	60	70	70	70	70	70	70	70	60
3	70	60	70	50	70	60	60	50	50	60
4	50	50	70	50	50	60	60	50	50	50
5	60	50	50	50	50	60	60	50	50	50
6	60	50	40	50	60	60	60	60	50	50
7	50	50	40	50	60	60	50	50	50	70
8	60	60	40	60	50	50	50	50	50	60
9	60	60	60	70	60	60	50	60	60	60
10	60	60	50	60	70	60	50	60	40	60
11	60	70	50	60	70	60	50	60	40	60
12	40	70	50	70	60	60	50	60	70	60
1	40	70	60	70	60	60	60	60	70	60
2	60	70	60	70	70	60	70	60	70	70
3	60	60	60	50	70	40	70	60	70	70
4	60	60	60	70	70	50	70	70	70	60
5	70	60	60	70	70	50	60	70	70	60
6	70	60	60	70	70	50	70	60	70	60
7	50	40	60	50	50	50	70	60	50	90
8	60	60	60	60	70	40	60	70	80	90
9	60	60	60	60	70	60	70	60	90	90
10	50	65	70	50	60	40	70	60	90	80
11	70	70	80	80	60	80	80	60	90	80

في اليوم السابق ظهرت نفس القيمة ولمدة ثلاث ساعات أيضا وهي الساعة 9 ، 10 ، 11 مما يزيد من التأكيد علي عدم إنتظام التحميل الأقصي. علي الجانب الآخر نجد أن أدني قيمة للتحميل هي 40 م وات في توقيتات متباينة ومع الأيام أيضا وهو ما يفيد بأن الأحمال غير منتظمة التكرار علي الرغم من ثبات النمط العام لمنحني الأحمال.

بنظرة أخري مغايرة عن السابقة نحصل علي القراءات لشهر أغسطس لمزيد من الدراسة والمقارنة بين الشهور المختلفة، عندئذ نسجل قياسات الأحمال الكلية بوحدات الأمبير كما جاءت في الجداول رقم 3- 5 ورقم 3-6 ورقم 3-7 وهي القراءات التي تمثل شهر أغسطس 1999 حتي يسهل ذلك علي المتخصصين عند القرب من الأحمال القصوى ومن ثم تحديد تلك الزائدة. ذلك القياس هو المعتاد في محطات الكهرباء بكافة أنواعها وهو يقيس الأمبير بدلا من الميجاوات بالرغم من أن القراءات بالميجاوات هي الصحيحة بينما القراءات بالأمبير فيها خطأ نتيجة كونها قراءات متجهية وليست جبرية لأن التيار في كل لحظة تكون له زاوية مختلفة عن تلك السابقة حتي وإن كانت قيمته هي ذاتها.

جدول رقم 3- 4: الأحمال الكلية بوحدات (م وات) في الثلث الأخير من شهر سبتمبر 1999

(أ) الأحمال النهارية

س / اليوم	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12	70	70	80	70	70	60	60	80	70	80
1	80	80	60	90	60	60	80	60	70	60
2	60	80	60	80	70	60	70	60	70	60
3	70	60	50	60	60	50	50	60	60	60
4	60	70	60	60	60	50	50	60	60	60
5	60	70	60	60	60	60	50	60	60	60
6	60	60	60	60	60	60	50	60	60	60
7	60	70	60	60	60	60	50	60	60	60
8	60	40	60	60	70	60	50	60	60	60
9	60	70	70	50	60	60	70	60	60	60
10	50	50	70	50	60	50	60	60	60	60
11	60	60	70	50	60	50	60	50	60	60

جدول رقم 3- 4: الأحمال الكلية بوحدات (م وات) في الثلث الأخير من شهر سبتمبر 1999

(ب) الأحمال الليلية

س / اليوم	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
12	60	60	70	60	60	60	50	70	60	60
1	60	60	60	60	60	60	60	60	70	60
2	60	60	60	60	60	60	60	60	70	70
3	60	60	60	60	60	60	70	60	70	70
4	60	50	70	50	60	60	70	70	70	50
5	70	50	70	70	60	60	70	70	70	50
6	70	60	70	60	60	60	70	70	70	50
7	80	70	80	80	70	70	80	80	70	70
8	80	80	90	80	80	70	80	90	70	70
9	80	80	80	80	80	60	80	90	70	80
10	80	80	80	70	80	60	80	80	60	80
11	70	70	80	70	80	50	80	80	70	80

يظهر من الجدول الأول أن القراءات تتأرجح تبعا لليوم، حيث أن الذي يتباين فيه الحمل يعتمد إلي حد كبير علي المواصفات المجتمعية أي طبقا للتغير في الطبيعة اليومية للأفراد في المجتمع، لذلك تظهر الأيام العشرة التالية في الجدول التالي والعشرة أيام الأخيرة من ذات الشهر في الجدول الذي يليه، بذلك يتضح أن كافة المعايير لقيامى الحمل متاحة وممكنة ويجوز التعامل من خلالها لدراسة الموضوع المناط به.

جدول رقم 3- 5: الأحمال الكلية بوحدات (الأمبير) خلال الثلث الأول من شهر اغسطس 1999

س	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	1280	1260	1280	1240	1240	940	1180	1300	60	1200
1	1260	1220	1300	1280	1300	1220	1140	1240	1180	1300
2	1280	1120	1220	1260	1280	1180	1080	1140	1160	1320
3	1240	1080	1140	1160	1180	1100	1020	1060	1080	1080
4	1280	1100	1100	1080	1080	1060	980	980	1080	1020
5	1160	1100	1020	1020	1080	1080	980	980	1080	1040
6	1080	1080	920	1020	1060	1040	1000	980	1080	980
7	1040	1020	920	1020	1060	1000	1040	980	1080	1160
8	1040	1260	980	1120	1120	920	1060	1120	1120	1320
9	1060	1140	1040	1140	1140	980	1160	1220	1160	1340
10	1180	1220	1040	820	1160	1000	1200	1240	1240	1380
11	1320	1340	720	820	1240	1000	640	1260	1300	1300
12	1320	1340	720	800	1240	1080	640	1240	1420	1200
1	1260	1340	720	1260	1320	1120	640	1220	1300	1400
2	1260	1340	1180	1240	1280	1120	1280	1240	1420	1440
3	1280	1300	1180	1400	1400	1120	1300	1380	1360	1360
4	1280	1120	1180	1380	1400	1000	1280	1420	1280	1200
5	1120	1120	1160	1300	1320	1000	1160	1420	40	1320
6	1140	1120	1160	1300	1180	1000	1160	1340	40	1220
7	1120	1080	1180	1280	1200	1040	60	1340	20	60
8	1140	1200	1200	1260	1400	1100	120	1360	260	60
9	220	1400	1260	1420	1340	1140	120	60	40	1200
10	320	1340	1260	1280	1300	1180	20	60	40	1460
11	320	1340	1300	1280	1300	1180	1340	20	40	1460

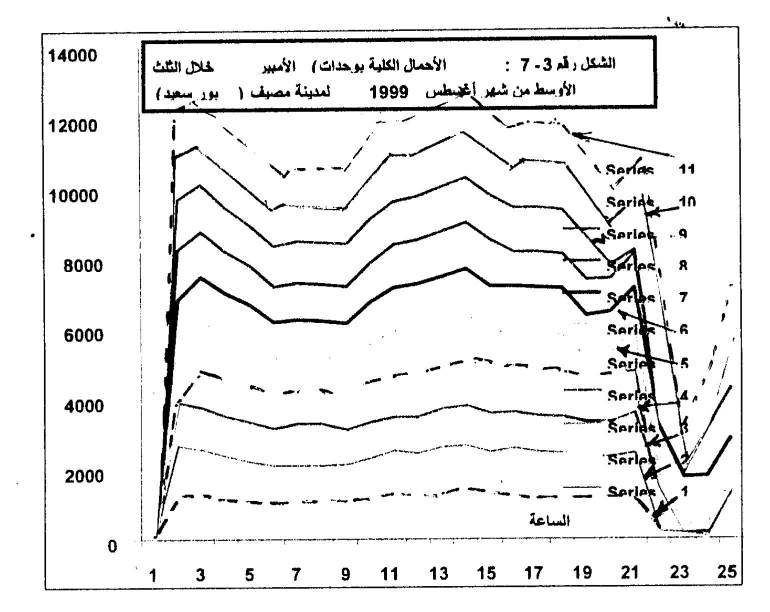
الشكل رقم 3-7 يقدم منحنيات الأحمال الكلية بوحدات (الأمبير) خلال الثلث الأوسط من شهر اغسطس 1999 لمدينة كبري (بور سعيد) بطابع المصيف بجانب النشاط التجاري زذلك تبعا لما جاء من قراءات في الجدول السابق. إضافة إلي ذلك نجد أن التاريخ لليوم مدرجا علي الرسم لكل منحني فهناك منحني الأحمال الكلية الماخوذة ليوم 11 / 8/ 1999 ثم اليوم الذي يليه وهكذا، حيث يظهر التباين بين الأيام المختلفة من جهة الأحمال الكهربية.

من المنحني يبين لنا هذه النوعية من المدن التي تستهلك الطاقة بصورة شبه ثابتة القيمة حيث أنه طوال اليوم تصل القدرة التحميلية القصوي أو بالقرب منها. كما نلاحظ أن القدرة تنخفض يوميا لمدة ساعتين علي خلاف المدن الأخري، ويرجع هذا لأن المدينة هذه عبارة عن مصيف وهذه القراءات عن شهر أغسطس وهو أكثر الشهور جذبا للمصيفين وبالتالي تكون الأحمال الإعتيادية عند القيمة الأقصي. يجب ألا ننسي أن هذه المدينة تجارية الطابع وتعمل طوال الليل والنهار ومن ثم حصلنا علي الشكل الحملي الواضح في هذا الشكل.

جدول رقم 3- 6: الأحمال الكلية بوحدات (أ) خلال الثلث الأوسط من شهر اغسطس 1999

س	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	1280	1360	1260	1200	1360	1420	1420	1440	1320	1410
1	1300	1260	1200	1120	1340	1260	1300	1330	1180	1300
2	1140	1240	1140	1120	1160	1200	1200	1280	1140	1220
3	1060	1140	1120	1080	1100	1160	1120	1180	1080	1160
4	1040	1060	1040	1020	960	1040	1040	1140	1060	1040
5	1040	1060	1180	960	960	1040	1040	1220	1060	1040
6	1040	1060	1180	920	960	1040	1040	1220	1060	1040
7	1040	1100	980	1020	960	1040	1040	1220	1060	1020
8	1120	1200	1020	1120	1080	1200	1120	1240	1180	1020
9	1240	1260	980	1180	1220	1260	1240	1220	1320	1000
10	1220	1240	1020	1240	1220	1320	1240	1240	1280	1020
11	1220	1400	1080	1240	1220	1320	1280	1260	1280	1040
12	1340	1320	1120	1280	1280	1320	1340	1260	1320	1060
1	1280	1220	1080	1280	1000	1320	1340	1260	1320	1100
2	1160	1440	1000	1280	1000	1320	980	1260	1220	1080
3	1160	1340	1000	1260	1080	1320	1020	1260	1320	1120
4	1160	1300	1000	1260	1100	1300	980	1260	1300	1120
5	1120	1240	980	1220	560	1220	1020	1220	1260	1080
6	1120	1220	1000	1300	600	1220	920	400	1220	1040
7	1140	1300	1120	1260	1160	1140	980	100	1260	1040
8	180	20	1200	100	200	1460	20	60	120	1300
9	140	20	40	40	120	1400	120	20	100	1300
10	40	20	120	80	100	1420	1380	00	60	1300
11	1280	40	120	40	120	1280	1440	00	1300	1260

نلاحظ أيضا أن القراءات بالأمبير وهي التي لا تعطي القيمة الحقيقية للقدرة المستهلكة مباشرة ولكنها مؤشرا فقط كما سبق الشرح من قبل. هذه القراءات وإن كانت متكررة مثل سابقتها من الناحية الكمية ومع التباين في التوقيت والتغير تطابق الواقع من حيث التعمير والزيادة السكانية والعمرانية والحركة الصناعية والتكنولوجية المستمرة كما نراه في الأيام العشرة الأخيرة كما جدولت فيما يلي.



جدول رقم 3-7: الأحمال الكلية بوحدات (الأمبير) أواخر شهر أغسطس 1999

(أ) الأحمال النهارية

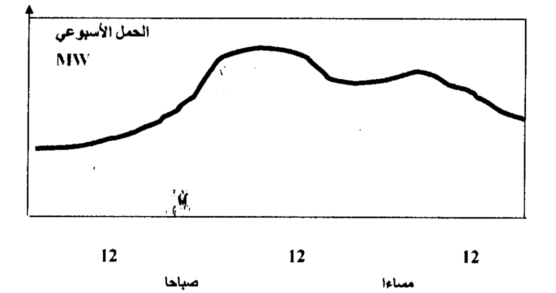
س	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12	1140	1360	1320	1340	1320	1240	1400	1180	1360	1220	1220
1	1080	1300	1320	1300	1200	1260	1420	1120	1280	1160	1160
2	1080	1240	1260	1240	1260	1160	1260	1060	1120	1120	1200
3	1080	1220	1220	1240	1240	1140	1140	1040	1060	1080	1300
4	1020	1220	1140	1180	1100	1180	1100	980	1000	1060	1080
5	1020	1080	1080	1120	1220	1040	1080	1060	1000	1000	1020
6	1020	1080	1080	1080	1220	1080	1040	1060	940	920	1020
7	1020	980	1020	1200	1080	980	940	960	940	920	1060
8	1080	1280	1200	1180	1140	1060	900	980	1000	1080	1160
9	1160	1320	1220	1240	1140	1140	900	980	1000	1200	1260
10	1220	1340	1220	1400	1340	1220	900	1220	1260	1280	1260
11	1220	1340	1380	1400	1360	1220	1020	1240	1260	1280	1320

جدول رقم 3-7: الأحمال الكلية بوحدات (الأمبير) أواخر شهر أغسطس 1999

(ب) الأحمال الليلية

س	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12	960	1400	1380	1400	1320	1300	1020	1260	1460	1300	1400
1	960	1420	1420	80	1320	1300	1020	1260	1400	1260	1280
2	940	1420	1460	00	1320	1400	1020	1400	1240	1300	1300
3	1500	1420	1460	00	1320	1400	1020	1400	4240	1360	1300
4	1480	1280	1300	20	1320	1380	1020	1320	1240	1240	1400
5	1320	1280	1300	20	1320	1380	1020	1260	1160	1280	1280
6	1220	1240	1300	80	1260	1380	1000	1260	1280	1160	1260
7	1280	1240	40	80	80	40	1080	1160	1160	1160	1300
8	40	160	40	120	120	00	1240	1160	1120	20	20
9	80	100	20	20	60	20	1200	40	1500	60	140
10	40	00	60	20	20	80	1200	160	1260	60	20
11	40	40	60	20	1220	1340	1180	140	1260	1140	1140

من القراءات السابقة في مجموعتي الجداول من رقم 3-2 حتي 3-7 نستطيع دراسة المنحني وحالة الأحمال الكهربية لها ونود التأكيد علي أهمية التعامل مع القيمة الأدنى للحمل ومدتها وهي من المعاملات الهامة التي تساعد علي استقرار المولدات في محطات التوليد ولهذا يعرض الجدول رقم 3-8 بعض البيانات الأساسية للمنحنيات التي سجلت في الأشكال الرقيمة من رقم 3-5 لغاية رقم 3-7 علي نحو يوضح خواصها.



الشكل رقم 3-8 : منحني الحمل المتوسط الأسبوعي

ثانيا: الأحمال الأسبوعية Weekly Loads

إذا نظرنا إلي الجدول رقم 3-8 حيث البيانات الأساسية للأحمال الكهربية علي مدي شهر كامل فمنه يمكننا الإطلاع علي بيانات أحد الأيام الأسبوعية فمثلا في أيام الأربعاء من هذا الشهر والتي تتوافق مع التواريخ 1 – 8 – 15 – 22 – 29 نجد الطاقة قد تغيرت بالقيمة من 1310 إلي 1520 ثم 1520 إلي 1560 وأخيرا 1570 بينما القيمة القصوى للحمل في أيام الأربعاء جاءت من 90 إلي 80 إلي 70 إلي 80 ثم 70 والصغرى بين 40 و 60 والقيمة المتوسطة للحمل بين 54.58 و 60 وإن كان التباين قد ظهر جزئيا في بعض هذه القراءات فنجدها في شكل متطور آخر مع أي من الأيام الأخرى في الأسبوع مثل الأحد أو الجمعة أو غيرهما.

من هنا نجد الحمل الأسبوعي غير ثابت الشكل وعليه يجب الخضوع لبعض المعايير التي نوردها علي النحو التالي:

1- منحني الحمل المتوسط الأسبوعي Average Weekly

هذا المنحني يمثل القيمة المتوسطة للأحمال الناتجة في منحني الحمل اليومي خلال الأسبوع وهو ما نحصل عليه من بيانات الجدول رقم 3-5 حيث القراءات علي مدار أيام أحد الأسابيع وقد تم حساب القيمة المتوسطة للأحمال خلاله وهو ما يعبر عن المنحني اللازم لدراسة حالة تشغيل الشبكات الكهربية وتحديد الاحتياجات الضرورية لرفع كفاءة التشغيل وإن كان هذا المنحني لا يصلح لأعمال التخطيط والتصميم للمناطق الجديدة، ولهذا نحتاج إلي النوع التالي من المنحنيات الأسبوعية النمطية وهو الشكل الوارد في الشكل رقم 3- 8.

جدول رقم 3-8 (أ): حسابات النصف الأول لشهر سبتمبر 1999 للبيانات الأساسية لمنحنيات الأحمال الكلية

اليوم	حمل أدنى (م.و.)	حمل أقصى (م.و.)	حمل متوسط (م.و.)	طاقة مستهلكة (م.و.س.)	تاريخ
الأربعاء	40	90	54.58	1310	1
الخميس	20	80	56.66	1360	2
الجمعة	40	80	55.83	1340	3
السبت	40	70	56.25	1350	4
الأحد	40	80	62.25	1500	5
الاثنين	50	80	65.41	1570	6
الثلاثاء	40	80	57.08	1370	7
الأربعاء	50	80	63.33	1520	8
الخميس	40	80	62.5	1500	9
الجمعة	30	80	60	1440	10
السبت	40	70	59.16	1420	11
الأحد	40	70	60.21	1445	12
الاثنين	40	80	58.75	1410	13
الثلاثاء	50	80	62.08	1490	14
الأربعاء	50	70	63.33	1520	15

جدير بالذكر ان الجدول رقم 3 – 8 قد تم تقسيمه إلي جزأين حيث الأول قد جدول النتائج الخاصة بالنصف الأول من الشهر المعني بينما جاءت نتائج بقية أيام الشهر (النصف الثاني) في الجزء الثاني من الجدول. هذه القراءات لها من الأهمية لتحديد علاقة أيام الأسبوع تحميليا مثل كل أيام السبت أو الجمعة مثلا.

2- منحني الحمل الأقصى الأسبوعي Maximum Weekly

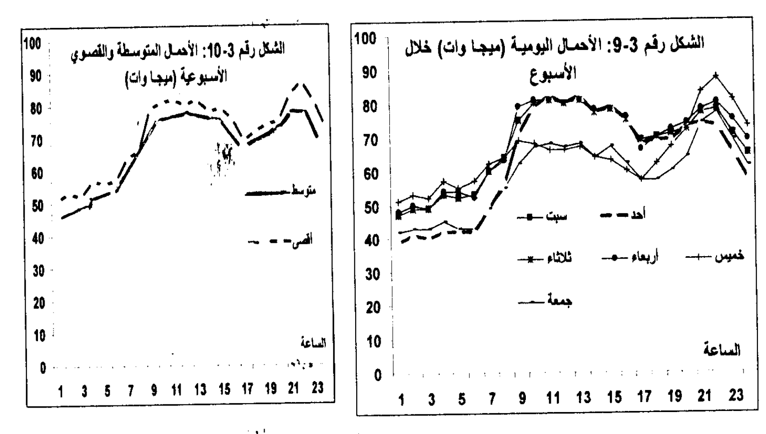
يحدد هذا المنحني القيمة القصوى للأحمال اللحظية خلال الأسبوع وقد وردت القيمة المحسوبة لها في الجدول رقم 3-9 في العامود الأخير وقد ورد الشكل رقم 3-9 محددا بشكل عام هذا النوع من المنحنيات الأسبوعية، ويعتبر هذا المنحنى من المنحنيات الأساسية عند التعامل مع موضوعات التخطيط أو التصميم المستقبلي وكذلك لتحديد احتياجات المناطق العمرانية الجديدة حيث يعبر عن الحالات القصوى للتحميل الأسبوعي ويدخل فيها السلوك المجتمعي علي مدار الأسبوع الواحد. يزيد من أهمية عرض الشكل رقم 3 – 9 ذلك أن المنحنيات قد تعرض أحيانا بالتسلسل الزمني بدءا من الساعة 1 إلي الساعة 24 وهي ما تم وصفها بالمعني في المنحني الوارد بالشكل رقم 3-9. إن الشكل رقم 3- 10 يعرض تلك الأحمال اليومية بوحدات الميجا وات وذلك خلال الأسبوع كما يظهر منها التباين بين القراءات اليومية وذلك التغير قد لمس القيمة القصوي إضافة إلي تلك الدنيا.

هذا يتطلب المزيد من إلقاء الضوء علي هذه البيانات كما وردت في الشكل رقم 3- 10 وهو الشكل الذي فيه يتم حصر الأحمال

المتوسطة والقصوي الأسبوعية بذات الوحدات (ميجا وات).

جدول رقم 3-8 (ب): حسابات النصف الثاني لشهر سبتمبر 1999 للبيانات الأساسية لمنحنيات الأحمال الكلية

تاريخ	طاقة مستهلكة (م.و.س.)	حمل متوسط (م.و.)	حمل أقصى (م.و.)	حمل أدنى (م.و.)	اليوم
16	1370	57.08	80	40	الخميس
17	1520	63.33	80	50	الجمعة
18	1450	60.41	70	50	السبت
19	1530	63.75	90	40	الأحد
20	1600	66.66	90	50	الاثنين
21	1580	65.83	80	50	الثلاثاء
22	1560	65	80	40	الأربعاء
23	1630	67.91	90	50	الخميس
24	1550	64.58	90	50	الجمعة
25	1560	65	80	60	السبت
26	1410	58.75	70	50	الأحد
27	1550	64.58	80	50	الاثنين
28	1610	67.08	90	50	الثلاثاء
29	1570	65.41	70	60	الأربعاء
30	1530	63.75	80	50	الخميس



الشكل رقم 3-10: الأحمال المتوسطة والقصوي الأسبوعية (ميجا وات)

الشكل رقم 3-9: الأحمال اليومية (ميجا وات) خلال الأسبوع

3- منحني حدود الحمل الأقصى الأسبوعي
Maximum Limit of Weekly Loads

يعطي هذا المنحني العلاقة البيانية بين الأيام الأسبوعية وأقصى حمل في كل يوم علي حدة معبرا بصورة إحصائية عن الحدود القصوى للأحمال وهي النقاط الحرجة في التشغيل وهي أيضا القيم الحسابية الضرورية عند التصميم أو التخطيط للإضافة (Extension) الكهربية في الشبكة وهكذا يظهر منحني الأحمال بقيمة متغيرة عن بقية الأيام كما هو معتاد أو متوقع فيجب التعامل مع منحني واحد ليمثل كل فترة زمنية تحتاج إلي الدراسة.

جدول رقم 3-9: الأحمال اليومية (ميجا وات) وعلاقتها بالحمل الأسبوعي

س	سبت	أحد	أثنين	ثلاثاء	أربعاء	خميس	جمعة	متوسط	أقصى
12	47	39	48	47	48	51	42	46	51
1	49	41	50	49	50	53	43	47.7	53
2	49	40	50	49	49	52	43	47.4	52
3	53	42	55	53	54	57	45	51.3	57
4	52	42	56	52	54	55	43	50.6	56
5	53	42	52	53	52	57	43	50.3	57
6	60	49	64	60	60	62	49	57.7	64
7	64	56	66	64	63	64	55	61.7	66
8	75	71	78	75	79	69	62	72.7	79
9	80	79	81	80	81	68	67	76.6	81
10	81	82	80	81	81	66	68	77	82
11	80	80	79	80	80	66	67	76	80
12	81	82	81	81	81	67	68	77.3	82
1	77	77	78	77	78	64	64	73.6	78
2	78	79	78	78	78	63	67	74.4	79
3	75	75	76	75	76	60	62	71.3	76
4	69	68	69	69	66	57	57	65	69
5	70	69	72	70	70	62	57	67.1	72
6	71	69	74	71	72	67	60	69.1	74
7	72	73	75	72	74	72	64	71.7	75
8	77	74	78	77	78	83	74	77.3	83
9	78	73	80	78	80	87	77	77.6	87
10	71	65	74	71	75	81	69	72.3	81
11	65	57	67	65	69	73	61	65.3	73

ثالثا: الأحمال الشهرية Monthly Load Curve

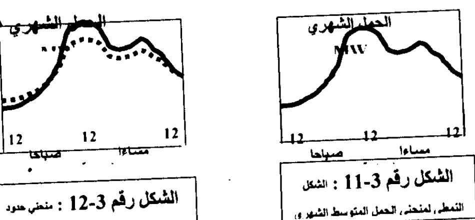
ننتقل مرة أخري إلي فترة زمنية أكبر من تلك السابقة ونصل إلي المدى الشهري فتظهر منحنيات الحمل الشهري (مثل الشكل النمطي كما في الشكل رقم 3 -11) وهو ما نصبو إليه كخطوة إلي توسيع المدى الزمني ليصل إلي أكبر قدر ممكن ليتيح الفرصة في التخطيط الأمثل ووضع التصميم الأنسب ويعطي الجدول رقم 3-10 البيانات الأساسية للأحمال السابقة (جداول رقم 3- ورقم 3-3 ورقم 3-4) حيث تزيد الفجوة بين التأرجح وتتباين القراءات في نطاق أوسع فيحتاج الأمر إلي المزيد من التدقيق فنجد المنحنيات المشابهة لتلك الأسبوعية وقد نختصرها علي النحو التالي:

جدول رقم 3-10: البيانات الأساسية لمنحنيات الأحمال خلال شهر أغسطس 1999

يوم	طاقة مستهلكة ك.ف.أ.س. /ف	طاقة ضائعة (ك.ف.أ.س. /ف)	طاقة متاحة (ك.ف.أ.س. /ف)	حمل متوسط (.أ)	حمل أقصى (أ)	حمل أدنى (أ)	اليوم
1	24840	6840	31680	1035	1320	220	الأحد
2	29160	4440	33600	1215	1400	1020	الاثنين
3	26180	5020	31200	1090.8	1300	720	الثلاثاء
4	27160	6440	33600	1131.6	1400	800	الأربعاء
5	29820	3780	33600	1242.5	1400	1060	خميس
6	25600	3680	29280	1066.6	1220	920	الجمعة
7	21600	10560	32160	900	1340	20	السبت
8	24180	8940	33120	1007.5	1380	20	الأحد
9	19880	1420	34080	828.3	1420	20	الاثنين
10	26740	8300	35040	1114.2	1460	60	الثلاثاء
11	24860	7300	32160	1035.8	1340	40	الأربعاء
12	24860	8740	33600	1035.8	1400	20	خميس
13	22980	7260	30240	957.5	1260	40	الجمعة
14	22540	8660	31200	939.1	1300	40	السبت
15	21860	10780	32640	910.8	1360	100	الأحد
16	30020	5020	35040	1250.8	1460	1040	الاثنين
17	25620	8940	34560	1067.5	1440	20	الثلاثاء
18	23090	11470	34560	962.1	1440	00	الأربعاء
19	25840	5840	31680	1076.6	1320	60	خميس
20	27110	6730	33840	1129.5	1410	1000	الجمعة
21	23000	13000	36000	958.3	1500	40	السبت
22	24400	9680	34080	1016.6	1420	00	الأحد
23	24300	10740	35040	1012.5	1460	20	الاثنين
24	16780	16820	33600	699.1	1400	00	الثلاثاء
25	23980	8660	32640	999.1	1360	20	الأربعاء
26	24740	8860	33600	1030.8	1400	00	خميس
27	25920	7680	33600	1080	1400	900	الجمعة
28	24700	8900	33600	1029.1	1400	40	السبت
29	28580	7420	36000	1190.8	1500	940	الأحد
30	24700	7940	32640	1029.2	1360	20	الاثنين
31	25900	7700	33600	1079.2	1400	20	الثلاثاء

1- منحني الحمل المتوسط الشهري Average Monthly

يتشابه هذا المنحني مع المنحني اليومي والمنحني الأسبوعي للحمل المتوسط ويمكن الحصول عليه من المنحني اليومي علي مدار الشهر كاملا كما سبق وقد جدولت هذه القراءات في المجموعتين السابقتين من الجداول وبهذا الأسلوب لن يختلف منحني الحمل الشهري المتوسط عن الشكل العام لمنحني الأحمال اليومية المعتاد ولهذا



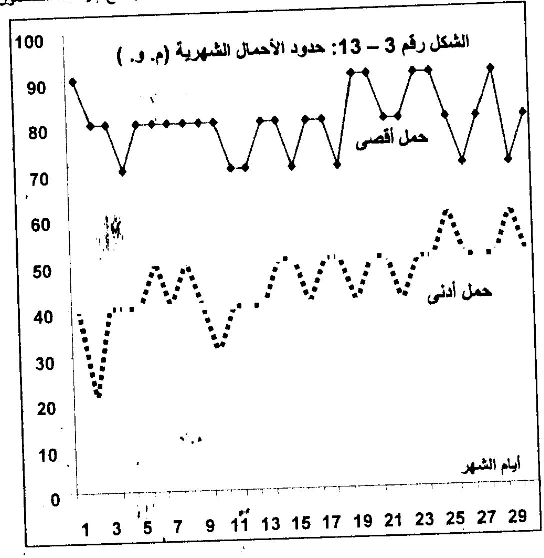
الشكل رقم 3-11 : الشكل النمطي لمنحنى الحمل المتوسط الشهري

الشكل رقم 3-12 : منحنى حدود

نجد الشكل رقم 3-11 قد حدد المنظر العام لهذا المنحني وهو ما يهم مراكز التحكم علي الشبكات القومية الموحدة ويمكننا الاعتماد علية في دراسات التشغيل وعمليات التوصيل والفصل المعتادة.

2- حدود الحمل الأقصى والأدنى شهريا
Maximum & Minimum Limits of Monthly Loads

يمثل هذا المنحني الحدود الهندسية لجميع القراءات التي سجلت خلال الشهر بحيث لا توجد قراءه خارج هذا الإطار وهو الشكل القياسي المبين في الشكل رقم 3-12 حيث نجد المدى المتسع بين الحدود في بعض الأحيان وهو ما يحتاج إليه المتخصصون والمصممون لمحطات التوليد والشبكات الكهربية عموما ويعتبر دليلا مرشدا لمهندسي التحكم في مراكز التحكم المختلفة في الشبكة الكهربية. بالنسبة للأحمال والقراءات في المثال الحالي نجد أن هذه الحدود قد ظهرت محددة المعالم في الشكل رقم 3 – 13 وهي تمثل القراءات الدنيا والعظمي لهذه الأحمال.



3- منحني الحدود القصوى للأحمال الشهرية
Maximum Limit of Monthly Loads

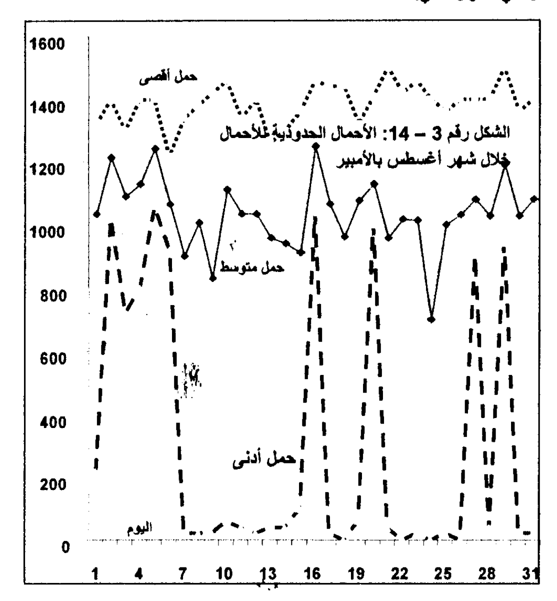
هو ما يهم المهندس المصمم في مجال الشبكات الكهربية وكذلك مهندس التخطيط حتى يحدد

الاحتياجات الأساسية من قدرات التوليد وإمكانيات نقل الطاقة في الحالات المختلفة ويبين الشكل رقم 3-14 الشكل المعتاد لمثل هذا المنحني مما يساعد علي فهم التغيرات المحتملة علي هذه القدرات مع المرور الزمني في المستقبل.

كما أنه كان جديرا بنا أن نحسب الطاقات المستهلكة كما نراها في الشكل رقم 3 -15، حيث يظهر منحنيات مختلفة للطاقات المحسوبة لهذه القراءات في النموذج المحدد بهذا الكتيب خلال شهر أغسطس من عام 1999. قد تم حساب الطاقات المتاحة والمستهلكة والضائعة خلال تلك الفترة المحددة.

رابعا: الأحمال السنوية Annual Load

بدأت الأحمال الكهربية تأخذ المعنى الشمولي حيث من المنحنيات اليومية إلي الأسبوعية فالشهرية وأخيرا نصل مع الأحمال السنوية فتتسع الرقعة الزمنية فيرتفع مستوي التباين بين القراءات في منحنيات الأحمال اليومية إلا أنه يمكننا الاعتماد علي قيمة الحمل المتوسط السنوي والذي يتحدد بدوره من الحمل المتوسط الشهري كي نستطيع وضع المعايير الهندسية الصحيحة لقدرات التوليد والنقل والتوزيع للطاقة الكهربية في الشبكة الكهربية ككل بل وتوزيع قدرات التوليد بين المحطات وبين الوحدات داخل كل محطة وبذلك نضع المنحنيات السنوية للأحمال علي المنوال التالي:



1- منحني الأحمال المتوسط السنوي Annual Load Curve

مما ذكر نجد أن الأحمال المتوسطة السنوية هي متوسط الأحمال التي حدثت فعلا في العام كله ويتم حسابها من المنحني الشهري المتوسط للأحمال وسيصبح هو ذاته والمدار الزمني اليومي (24 ساعة) وهو يعبر بدقة عن الطاقة المستهلكة سنويا ويجعل التعامل مع الأحمال السنوية بشكل مبسط ويقدم الشكل رقم 3- 16 المنظر العام لمثل هذا النوع من المنحنيات وهو نفسه المنحني اليومي وكذلك الأسبوعي المتوسط والشهري المتوسط ولكنه أكثر أهمية حيث يتم الحصول منه علي المنحني التالي وهو منحني التحميل الزمني علي المدار السنوي، حيث سبق شرح هذه المنحنيات في الفصول السابقة.

2- منحني التحميل الزمني Load Duration Curve

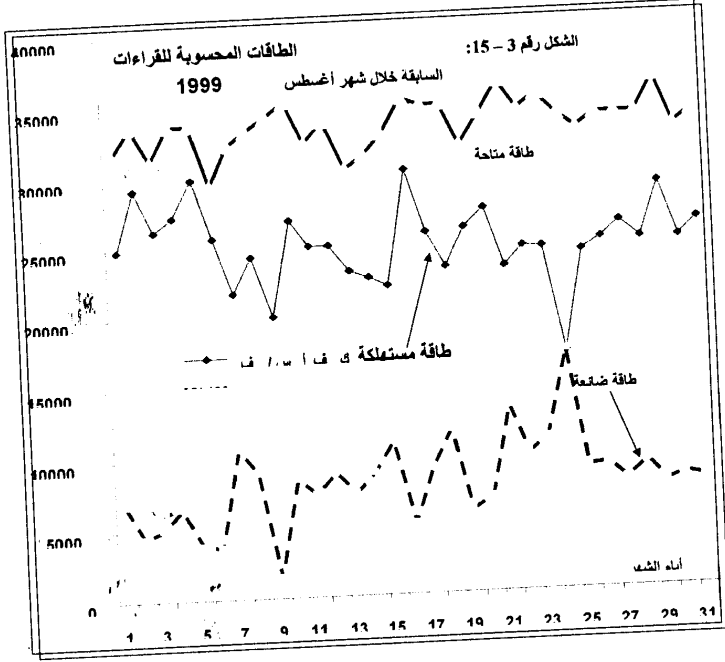
سبق التعرض لها النوع من المنحنيات في الفصل الثاني من هذا الكتاب وقد جاءت القراءات المحسوبة لأربعة أشكال في الجدول رقم 2-20 ولكنه قد تم بالنسبة للمرحلة الزمنية اليومية والممثلة في 24 ساعة أما هنا فيصبح الشكل ذاته ولكن علي المدار السنوي أي 365 يوما أو للتبسيط يتم التعبير عن المدة الزمنية بالنسبة المئوية من العام لتصل إلي أقصي مسافة زمنية بقدر 100 %، وبالرغم من أن هذا المنحني هام بدرجة كبيرة للعاملين في مجال التخطيط والتصميم للشبكات الكهربية إلا أننا سوف نحتاج إلي الحدود القصوى للأحمال السنوية علي مدار العام وهي تلك التي تشبه منحني الحدود القصوى الشهرية ولكننا هنا سوف نتعامل مع المدار الشهري زمنيا (الشكل رقم 3- 17)، أما المنحني التحميلي الزمني فنراه في (الشكل رقم 3- 18) لأنه يتزامن مع المنحني القادم في البند الثالث.

3- منحني الفقد الزمني Loss Duration Curve

يمثل منحني الفقد الزمني الطاقة المكملة لتلك المتاحة من المنحني الزمني للحمل حيث نخضع للقاعدة:

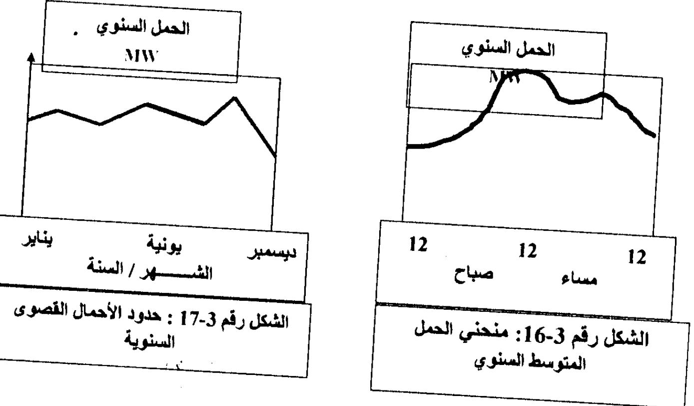
مساحة الفقد الزمني + مساحة التحميل الزمني = الطاقة المتاحة

(6-3)



يظهر الشكل العام لهذا النوع من المنحنيات في الشكل رقم 3-19 معبرا عن الضرورة الهامة لتقليل هذا الفقد في الشبكة ومحاولة تحويله إلي طاقة نافعة.

لا يفوتنا ذكر الأحمال الموسمية Season Loads حيث يختلف هذه الأحمال من احمال صيفية إلي أحمال شتوية فتزيد الأحمال الشتوية بنسبة تتراوح بين 1 – 7 % تقريبا عن تلك المعتادة صيفا.



الشكل رقم 3-17 : حدود الأحمال القصوى السنوية

الشكل رقم 3-16: منحني الحمل المتوسط السنوي

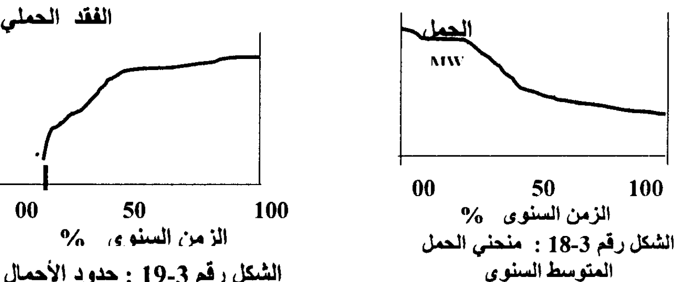
لهذا نجدها تزيد بنسبة غير ثابتة علي مدار اليوم الواحد فليلا يختلف الصباح عن المساء والليل كما تتباين هذه الزيادة من دولة إلي أخري حيث تتدخل الطبيعة والطقس وأسلوب الحياة في هذه النسبة فمثلا في البلاد قارصة البرودة ترتفع هذه النسبة إلي قيمة أكبر بينما في المناطق الاستوائية قد ترتفع في الصيف عن الشتاء نتيجة الحرارة الشديدة صيفا بينما يكون الاعتدال نصيب الطقس شتاءا ولذلك تختلف هذه القاعدة من موقع لآخر ومن قارة إلي غيرها ومن حي لغيره داخل البلد الواحد أيضا.

3-3: تقييم الأحمال load evaluation

تتنوع الأحمال المستخدمة إلي عددا من الأنواع تبعا للحالة التي هي عليها فمن الهام ومن الناحية الأساسية ترتيب الأحمال من حيث التنوع والتفضيل بينها حتى تكون الأفضلية محددة مسبقا فلا تعطي الفرصة للإجتهادات التي قد تصيب أحيانا وقد تخطئ نادرا مما يوجب علي المتخصصين وألهم المهندسين بأن تحدد كل هذه الأنواع مسبقا وبصورة واضحة، ولذلك نجدها قد رتبت في الصيغة الآتية:

أولا: الأحمال التقليدية Traditional Loads

يدخل في إطار الأحمال التقليدية كل الأحمال العادية والتي ليست لها أية ظروف خاصة من حيث الأهمية فيدخل فيها الأحمال المنزلية والأحمال الخاصة بالصناعات الصغيرة وتلك التي تمد الورش والإضاءة العامة مثل الشوارع وغيرها من الأحمال المتشابهة وتظهر هذه النوعية في الشبكة الليبية حسب شرائح الاستهلاك بإجمالي عام قدره 12059266291(م و س) كما وردت في الجدول 3-11.



الشكل رقم 3-19 : حدود الأحمال القصوى السنوية

الشكل رقم 3-18 : منحني الحمل المتوسط السنوي

ثانيا: الأحمال الطارئة Emergency Loads

نستطيع وضع الأحمال الطارئة في شكلين تبعا لظروف حدوث الحالة الطارئة وهما:

جدول رقم 3-11: الطاقة المستهلكة في الشبكة الكهربية الليبية

نوع الاستهلاك	الطاقة المستهلكة (م و س)	نوع الاستهلاك	الطاقة المستهلكة (م و س)
منزلي	4037151632	صناعي ثقيل	2160333628
زراعي صغار	906268908	تجاري	1416517555
زراعي كبار	628834722	مرافق عامة	1899482585
صناعي خفيف	374437688	إنارة عامة	636239573

(أ) الحالات المفاجئة Suddenly Cases

هي تلك الحالات التي تحدث إما عن طريق قصر في الشبكة أو أعطال جوهرية مفاجئة أو نتيجة لأخطاء العمل في الصيانة مما يتسبب عنه ضرورة قطع التيار عن بعض الأحمال الهامة مما يضع العملية التشغيلية في وضع قد يكون حرجا من الناحية العملية ومكان الاتزان الكهربي. هنا نحتاج إلي تغذية الأحمال الطارئة الهامة والتي لا يجوز انقطاع التيار عنها مهما كانت الظروف وسوف تظهر هذه الأحمال من حيث درجة الأهمية في البنود التالية.

(ب) الحالات المتوقعةForecasted Cases

تمثل الحالات الروتينية لأعمال الصيانة وكذلك الأعياد والعطلات الرسمية وما يصاحبها من سلوكيات مجتمعية وهنا نستطيع وضع درجة الاستعداد القصوى لمواجهة أية حالات طارئة من النوع السابق فنتعامل معها بسهولة وسرعة.

ثالثا: أحمال متطورة Developed Loads

من الطبيعة المجتمعية التزايد السكاني المستمر والدائم وما ينتج عنه من تخطيط موجه فنضع الأحمال التي تأتي عن أعمال تخطيطية كنوعية من الأحمال المتطورة والتي تزيد بشكل منظم و متوقع علاوة علي تلك الأحمال الناجمة عن التوسع العمراني مثل مجتمعات العاشر من رمضان ومدينة السادس من أكتوبر وغيرهم وخصوصا أننا علي دراية كاملة بالأحمال المتواكبة إضافة إلي تلك الأحمال

المتزايدة بصفة يومية والناتجة عن زيادة عدد المشتركين في الاستهلاك وهي مرتفعة المعدل في المدن عن غيرها من القرى.

رابعا: درجة أهمية الأحمال Load Importance

يتم ترتيب الأحمال تبعا لدرجة أهميتها سواء من جهة الحاجة إليها كما هو الحال في المصانع الكيميائية أو الحديد والصلب أو صهر المعادن عموما أو تبعا لموقع الاستهلاك أو لنوعية العمل البشري من رئاسي إلي سياسي أو شرطي إلي غير ذلك، فليس من المعقول التعامل مع الأحمال الكهربية الخاصة بمكتب رئيس الجمهورية مثل تلك المنزلية أو نضع مكتب المطافئ علي قدر الورش الأهلية.

خامسا: الأحمال المكانية Load Site

يمكننا تنويع الأحمال الكهربية طبقا للمكان الذي تتواجد فيه وهذا سبق شرحه باستفاضة في الفصل الأول حيث نسبة تواجد الأحمال القياسية تعمل علي تشكيل منحني الأحمال الكلية وكذلك معدلات النمو الكهربائي بها ولذلك نضع هذه الأحمال المكانية علي المحاور التالية:

1- أحمال مدن City Loads

تختلف بعض المدن في ما بينها فهناك المدن الكبري والعواصم من ناحية بينما توجد المدن الصغيرة والمتوسطة من الجهة الأخري. لا يتوقف الأمر عند هذا التنوع بل يمتد داخل ذات المدن المتشابهة شكلا ويصل إلي إختلاف واضح من جهة الأحمال الكهربية فمنها المدن الصناعية أو تلك الزراعية في الطابع أو تلك المدن المتخصصة مثل مدن الملاهي والمدن الرياضية أو تلك السينيمائية وغيرها. ذات المدن قد تظهر منها مدنا موسمية الطابع مثل المصايف والمشاتي والمدن العلاجية والطبية أحيانا، علاوة علي تواجد المدن التجارية وتلك التي قد تكون ضخمة الأحمال نسبة إلي التوافد البشري علي هذه المدن مما يزيد من صور تحميلها الكهربي فمثلا نجد أحمال مدينة القاهرة الكبرى كعاصمة أو الإسكندرية كمصيف أو بور سعيد ودمياط كمدينة تجارية أو مدينة التبين ونجع حمادي كمثل في الصناعة وكلها مدن مصرية متنوعة الطابع الكهربي.

2- أحمال تعمير Populous & Construction Loads

ظهرت مؤخرا منظومات التعمير القومية في كافة الدول وعلي الأخص الدول النامية مثل الدول العربية وفيها نري التصور الهندسي التخطيطي الواعي حيث يؤخذ في الإعتبار معدل زيادة الأحمال – إلي جانب القدرة علي التصنيع أو التواجد في مجال الزراعة عندما يكون هناك مناطق إستصلاح زراعي ومواقع تنمية بشرية للتطور الاجتماعي وذلك مثل مشروعات خليج السويس وتنمية سيناء.

3- أحمال قري Village Loads

تتواجد أيضا التجمعات السكانية التي لا ترقي إلي مستوي تجمعات المدن خصوصا من جهة عدد السكان، ومن ثم ظهرت ما هو أقل من المدن الصغري وهي القري. في هذه القري تظهر أحمالا زراعية كما تتواجد بعض الصناعات الصغيرة، وكذلك الجوانب الإستهلاكية وذلك مثل العوينات ومشروعات تنمية القرية المصرية.

4- أحمال المناطق النائية Loads of Far Isolated Zones

نظرا للتزايد والنمو السكاني الهائل مؤخرا علي البسيطة، تتجه كل الدول إلي التخطيط المستقبلي سواء القريب أو ذلك بعيد المدي. هذا يقودنا إلي أهمية وضع الخطط المناسبة لكل تخطيط سواء ذلك التخطيط السياسي أو تلك المناهج الفنية والهندسية. في الآونة الأخيرة ظهرت الصيحات للتوجه نحو ابتكار النمط المناسب لكل جيل أو عصر ومن ثم ظهرت أفكار ملحة للتوسع في تعمير الأراضي النائية.

من الناحية الثانية كان مهما التعامل مع محاور الإستثمار الجاذب، وحيث أن مصر والدول العربية عموما متخمة بالتاريخ الرابض علي الأرض، فكان من الضروري التركيز علي الأعمال السياحية. أيضا كان التعامل مع المشروعات الكبري مثل مشروع توشكي وشرق بور سعيد في مصر.

هذه الأموركلها تتطلب أحمالا كهربية ذات نمط إستهلاكي مغاير للأحمال النمطية الأخري ومن هنا يكون أساسيا التركيز علي مد هذه المشروعات والمناطق المختلفة الجديدة بالطاقة اللازمة. إن ذلك يعني أحمالإ كهربية مضافة إلي التخطيط القائم وهو ما يعطي للأحمال الكهربية في المناطق النائية سواء السكنية أو القاحلة من أهمية تستوجب الدراسة والتحليل لإضافة أحمالها ضمن الأحمال الأخري.

توزيـــع الأحمـــال LOAD DISTRIBUTION

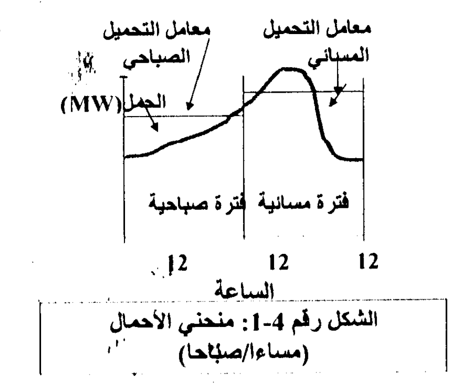
تظهر عملية تشغيل المولدات كواحد من الموضوعات الرئيسية المؤثرة في تشغيل الشبكة الكهربية network لزيادة الاعتمادية reliability فيها مما يضع كل المعاملات المتعلقة بتشغيل المولدات علي قمة الأساسيات التي تحدد الشكل الهندسي لمستوي أداء الشبكات الكهربية عموما. ولما كانت إجراءات تشغيل المولدات Alternators وتوصيلها إلي الشبكة أو فصلها عنها تعتمد علي مستوي الأحمال العاملة فيها في تلك اللحظة مما يجعل أسلوب توزيع الأحمال في أوائل هذه المؤثرات والتي تحتاج إلي المزيد من التحليل والبحث وصولا إلي التشغيل الأمثل. علاوة علي ما سبق نجد أن النظرة إلي دراسة سريان الأحمال Load Flow تحتاج إلي إضافة توزيع الأحمال من خلال وضع منحنيات الأحمال داخل العملية البحثية من أجل الوصول إلي التشغيل الاقتصادي الأمثل Optimal Operation للشبكة الكهربية.

التشغيل الاقتصادي للشبكة الكهربية لا يتوقف علي مكوناتها فحسب تبعا للعمليات الحسابية المحددة لهذا الغرض وبالأسلوب المعتاد بل يشمل تكلفة كل المعوقات أو الملحقات والمساعدات اللازمة لأداء هذا التشغيل المعتاد علي الوجه الأمثل فإذا تحدد تشغيل وحدة معينة بعينها في فترة ما فلا بد من أن تكون جاهزة للتشغيل في ذلك الوقت أو عند الاحتياج لها، وهذا التجهيز يمر بالعديد من المراحل المتتابعة خصوصا بالنسبة للمحطات الحرارية وبالتحديد في المحطات البخارية. ذلك هو الأمر الذي يحتاج إلي الوقت والمجهود والمال والدقة في العمل مما يرفع التكلفة الكلية لتشغيل الوحدة بدرجة غير مدرجة في المعادلات الرياضية المستخدمة وأيضا في حزم البرامج الحاسوبية المتعلقة بهذا الموضوع.

علي الجانب الآخر نجد المحولات الكهربية قابعة في أماكنها تنتظر التوصيل من خلال المفاتيح (القواطع Circuit Breakers) والسكاكين Isolating Links الخاصة بها، وهو ما يمكن أن يتم فوريا علي وجه التقريب وبالمثل خلايا الخطوط Lines والمغذيات Feeders.

1-4: أسس توزيع الأحمال Distribution Base for Loads

لما كانت الأحمال ليست ثابتة باستمرار زمنيا، ذلك لأنها تتغير لحظيا فتسبب تغيرا في كلا من الجهد ومعامل القدرة مما يضيف من التعقيدات إلي دراسة موضوع سريان الأحمال بالطريقة المثلي خلال القنوات الكهربية بالشبكة الموحدة. مع ذلك فإن العمل علي تشغيل الوحدات أو المحولات، مما يعني بصورة عامة أن تحميل مكونات الشبكة يعتمد علي أسلوب توزيع هذه الأحمال فيما بينهم. حتى يمكن أن يتم ذلك بطريقة مثلي فإنه يجب أن تتبع العديد من الأسس والخطوات للتعامل مع عملية توزيع الأحمال طبقا لمنحنيات الأحمال ديناميكية الطابع.



الشكل رقم 4-1: منحني الأحمال (مساءا/صباحا)

الذروة في قيمة الأحمال تمثل الأوقات العصيبة عند تشغيل الشبكات الكهربية عموما، حيث تصل الأحمال إلي أقصى قيمة لها. عندئذ يقع عبء توزيع هذه الأحمال بين محطات التوليد Power Stations علي مهندسي مركز التحكم الخاص بتشغيل هذه Dispatching Centers الشبكة، هكذا نجد أن توزيع الأحمال يجب أن يتبع أسلوبا علميا ومنظما كي يكون الناتج اقتصاديا من جهة وآمنا من الجهة الأخرى، مما يزيد من أهمية دراسة منحنيات الأحمال. سوف

نتطرق الآن إلي هذا الموضوع في نقاط محددة من خلال السطور القادمة.

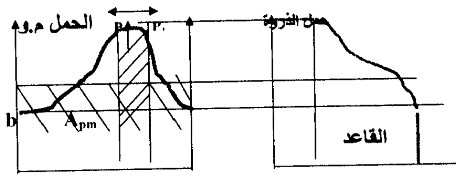
أولا: أحمال الذروة Peak Loads

تأتي أهمية وقت الذروة في دراسة منحني الحمل لخطورتها حيث لا يتوقف الأمر علي تشغيل وإعداد وحدات التوليد في محطات القوي الكهربية بل يمتد إلي محطات المحولات خصوصا إذا كان الحمل هو التيار المقنن (الذروة Peak). ذلك هو الوضع الذي يحتاج إلي رفع درجة الاستعداد إلي أقصي وضع لمواجهة أية ظروف محتملة أثناء التشغيل وخصوصا في حالات التوصيل والفصل المعتادة أو من أية مؤثرات خارجية. كما أنه قد تصل هذه الحالة الحرجة إلي الأحمال المنقولة عبر الخطوط الكهربية بين هذه المحطات المختلفة، وهو ما يجب وضعه في الاعتبار مسبقا حتى لا تسوء الأوضاع وحفاظا علي كفاءة التشغيل ككل. إن هذه الحالات وأوضاعها هي التي ترتفع درجة الخطورة كلما كانت معدلات زيادة الحمل أو انخفاضه كبيرة عند الذروة تحديدا وهو ما يزيد العبء علي المهندسين في محطات التوليد.

هذه الاحتمالات تعطي الفرصة لوضع هذا الموضوع في إطار محدد في ثلاث نقاط علي النحو المبين فيما يلي:

1- منحنيات الأحمال ذات الذروة الوحيدة Single peak Load Curves

هذه النوعية من المنحنيات أكثر شيوعا من غيرها في الأحمال الفعلية علي أرض الواقع ولهذا تحتاج إلي المزيد من التحليل والبحث ونضعها في عدة معاملات علي النحو المفصل.



الساعة — عدد الساعات

الشكل رقم 4-2 : منحني التحميل الزمني — الشكل رقم 4-3: منحني الحمل

(أ) معامل التحميل Load Factor

يمكننا أن نكون أكثر تحديدا عن ذي قبل بحيث نضع معيارين لمعامل التحميل حيث نعطي نقسم اليوم إلي فترتين صباحية ومسائية وكل منهما تستمر 12 ساعة ونأخذ من جديد حساب معامل التحميل عن الفترة الصباحية ومعامل التحمل للفترة المسائية (الشكل رقم 4-1). في هذا الشكل يظهر مستوي التحميل الصباحي والذي عادة يكون أقل من ذلك المسائي، ويفسر ذلك الأرقام التي سجلت في الجدول رقم 4-1 لبعض منحنيات الأحمال السابق ذكرها في الفصل الثاني من هذا الكتيب. هذه الأشكال الأربعة لمنحنيات الأحمال الوارد لها ملخصا بالمعاملات في الجدول رقم 2-10، وهو الأمر الذي يظهر لنا الحاجة الماسة لتعديل المعامل الموحد للتحميل إلي فترتي الصباح والليل منفصلتين، كي يصبح في مقدورنا اختيار نوعية الأحمال المطلوب إضافتها. نحتاج إلي هذا الفصل كي يرتفع معامل التحميل الكلي خصوصا وأن فترة الذروة كالمعتاد تأتي في الفترة المسائية، مما يلقي الضوء علي الحاجة إلي أحمال صباحية مثل إضاءة الشوارع حتى قبل الفجر (الشروق) وغيرها من أحمال الخدمات.

جدول رقم 4-1: معاملات التحميل الصباحية والليلية واليومية لعدد من منحنيات الأحمال %

الشكل	معامل صباحي	معامل مسائي	معامل يومي	نسبة معاملي الصباحي / المسائي
الأول	68.48	83.65	76.06	81.81
الثاني	66.9	75.29	71.1	88.85
الثالث	34.57	75.06	54.82	46.05
الرابع	51.25	78.28	64.76	65.47

من هذه القراءات نري أن معامل التحميل الصباحي يقل في المعتاد عن مثيله في المساء، غير أن العامود الأخير يوضح أن النسبة بينهما تتغير وتتباين حيث ترتفع في الحالتين الأول والثاني بينما تنخفض في الشكلين الثالث والرابع. من هذه الملاحظات نتأكد أنه

عند إضافة أحمال جديدة أن الاختيار مناسبا لتعديل (أي تحسين) معامل التحميل اليومي.

(ب) النسبة بين طاقتي الذروة والقاعدة *(peak/base) energy ratio*

جرت العادة علي مقارنة القدرات في أغلب الأحيان ولكننا بصدد المقارنة المباشرة بين الطاقات كمقياس لدرجة كفاءة استغلال الطاقة الممكنة في محطات التوليد وقد تم تقسيم هذه الذروة علي منحنيا ت الأحمال إلي نوعين من المنحنيات علي النحو اللاحق:

1- منحني الأحمال وحيد الذروة single peak load curve

يبين الشكل رقم 4-2 منحنى التحميل الزمني ومرادفه منحنى الحمل علي الشكل رقم 4-3 والذي يوضح ما هو المقصود بطاقة القاعدة وكذلك طاقة الذروة، وهي القاعدة التي يمكن أن تظهر في الشكل 4-2 حيث انهما واضحتين أيضا.

كما تظهر القراءات الخاصة بمنحنيات الأحمال المبين لها معاملات التحميل عالية في الجدول رقم 4-2، حيث نجد أن هذه النسبة كلما اقتربت من الوحدة الصحيحة أضحي المنحني الحملي أفضل استغلالا للطاقة الممكن توليدها (المتاحة) وهذه النسبة تمت علي وجه التقريب للتوضيح.

جدول رقم 4- 2: النسبة بين طاقتي الذروة والقاعدة لبعض المنحنيات

الشكل	الحمل الأقصى	مدته	طاقته	حمل القاعدة	طاقتها	نسبة الطاقة
الأول	100	1	100	48.12	1154.88	8.65
الثاني	100	1	100	24.17	580.08	17.23
الثالث	100	1	100	24.25	577.2	17.32
الرابع	100	1	100	31.15	747.6	13.37

كذلك عندما يظهر المنحنى لفترة أطول من الساعة بل مدة طويلة، ولكن القيمة ليست هي الأقصى، بينما المجموعة الكلية للقراءات تمثل الذروة لأن الذروة ليست أقصي قيمة فقط بل تمثل كل القيم الكبرى والتي تقترب من هذه القيمة القصوى. يظهر ذلك من نفس المنحنيات الواردة في الجدول السابق حيث نجد القراءات التقريبية للنسبة بين الطاقتين (ذروة / قاعدة) قد زادت نتيجة هذا الاعتبار (جدول رقم 4-3).

جدول رقم 4- 3: القيمة التقريبية للنسبة بين طاقتي الذروة والقاعدة للمنحنيات السابقة

الشكل	أحمال ذروة	مدتها	طاقتها	نسبة الطاقة للقاعدة
الأول	100-94	7	679	58.79
الثاني	100-98	2	198	34.13
الثالث	100-95	5	487.5	84.45
الرابع	100-90	5	475	63.53

تعتبر الطاقة غير المستغلة من المتاحة ضائعة مثل الطاقة غير الفعالة في القدرات المختلفة للتيار لمتردد وتخضع للمعادلة

$$\text{الطاقة الكلية} = \text{الطاقة المستهلكة} + \text{الطاقة الضائعة} \quad (1\text{-}4)$$

أما الطاقة غير الفعالة بوحدات (MVARH) والناتجة عن القدرة غير الفعالة والمتعامدة مع تلك الفعالة بوحدات (MWH) فتتبع الصورة

$$\text{الطاقة الكلية المستهلكة}^2 = \text{الطاقة الفعالة}^2 + \text{الطاقة غير الفعالة}^2 \quad (2\text{-}4)$$

تمثل الطاقة غير الفعالة الفارق بين الطاقة الكلية والفعالة (المستغلة) حيث نجد أن:

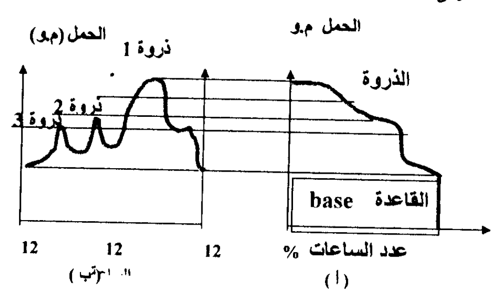
$$\text{الطاقة} = \text{القدرة} \times \text{الزمن} \quad (3\text{-}4)$$

القدرة ذاتها تتبع المعادلات المعروفة لها ككميات متجهة وهي:

$$(\text{القدرة الكلية})^2 = (\text{القدرة الفعالة})^2 + (\text{القدرة غير فعالة})^2 \quad (4\text{-}4)$$

2- منحنيات الأحمال متعددة الذروة multi peak load curves

أن الذروة قد تتعدد في منحني الأحمال، فقد تتوالى ليلا أو نهارا أو تبادلا بينهما، ويظهر في الشكل رقم 4-4 منحني الحمل ومعه منحني التحميل الزمني الذي لا يمكننا من فهم تواجد تعدد الذروة. بالتالي لابد وأن يكون مصاحبا لمحني التحميل الزمني هذا منحني الأحمال اليومي لتحديد عدد القيم القصوى الموجودة، حيث أن لها شديد العلاقة مع توليد الطاقة المطلوبة بدءا من تجهيز الوحدات التي تعمل لهذه الفترات معا إذا كانت على نفس المستوي في منحني التحميل الزمني. يكون الشكل المزدوج لمنحني الأحمال متعدد الذروة مضافا إلي منحني التحميل الزمني ضروريا للدراسة في مثل هذه الحالات، ولا يجوز تجاهله والاعتماد علي منحني التحميل الزمني وحده.



الشكل رقم 4-4: منحني التحميل الزمني ومنحني الحمل متعدد الذروة

كلما زادت هذه النسبة كلما كان الاستغلال للطاقة أفضل ويكون التشغيل لوحدات التوليد مستمرا لفترات أطول، ويقدم الجدول رقم 4-4 حالة المنحني الحملي مزدوج الذروة ويعطي النسبة المطروحة الآن. من الجهة الأخري يبين الجدول رقم 4 – 4 النسبة بين طاقتي الذروة الفردية والإجمالية إلي طاقة القاعدة وهو ما يؤكد أن هذه النوعية من الأحمال تعطي استغلالا أحسن عن تلك مفردة الذروة.

جدول رقم 4- 4: النسبة بين الطاقتين للشكل الثاني في الجدول السابق

الذروة	القيمة	مدتها (س)	الطاقة	نسبة الطاقة للقاعدة %
الذروة الأعلى	100-98	2	198	34.13
الذروة الثانية	94-92	4	374	64.47
إجمالي			574	98.6

كما أنه بالرجوع إلي منحنيات الأحمال في الجدول رقم 3 -1 والذي يقدم الأحمال الفعالة والظاهرية والكلية لذات الحمل اليومي حيث نجد أن الطاقة الكلية والطاقة غير الفعالة قد تم حسابهما كما وردت في الجدول رقم 4-5 تأكيدا علي معني الفارق بين الطاقة غير الفعالة والطاقة الفعلية أو القدرة غير الفعالة، خصوصا وأن المطلوب هنا استغلال وتعظيم الاستفادة من الطاقة المتاحة في محطات التوليد والموصلة علي الشبكة.

جدول رقم 4- 5 : الطاقات الفعالة وغير الفعالة والكلية المحسوبة

القيمة	الطاقة الفعالة	الطاقة غير الفعالة	الطاقة الكلية
المجموع اليومي (م.و)	6430.5	4397.2	7811.5
مربع الطاقة $(\text{م.و})^2$	4135330	19335367	61019532

نلاحظ أن الفرق بين النتائج المحسوبة للطاقة الكلية والذي ظهر بالقيمة ، 21.333 حيث كانت الطاقة الناتجة من القراءات هي

7790.1666 وكان هذا الفارق نتيجة عاملين أولهما تغير معامل القدرة في كل ساعة مما يجعل القراءات في مجملها بصورة تقريبية ويبين ذلك المعادلة الرياضية:

$$\Sigma (P_i)^2 + \Sigma (Q_i)^2 < \Sigma (P_i + Q_i)^2 \qquad (4\text{-}5)$$

بينما يظهر الفارق الثاني في النوع الحسابي وهو الذي يحتوي قسمين من الأخطاء هما:

1- الخطأ المعتاد في العمليات الحسابية سواء كان ذلك مع الحاسب الإلكتروني أو حاسب الجيب أو أي من الأدوات المستخدمة في هذا المجال، فمثلا إذا قمنا بعملية حسابية بسيطة بأن نضرب أو نقسم رقمين فنري 4 مقسومة علي 3 = 1.333 فإذا ضربنا في 6 كان الناتج هو 7.998 بينما إذا كنا ضربنا أولا 4 × 6 لكان الناتج 24عندما تقسم علي 3 فتعطي 8 وهذا الأسلوب قد يتكرر ويتزايد الخطأ فتعطي نتائج غير صحيحة بالدقة المتوقعة.

2- أحيانا يكون التقريب عند التدوين مصدرا للخطأ خصوصا وأن الحاسب يستطيع إعطاء عدد كبير من خانات الكسور إلا إننا لا نستطيع كتابتها في الجدول أو في الرسم ولذلك يستخدم مبدأ التقريب في كل الأعمال الإحصائية.

جدير بالذكر أن مجموع الطاقتين الفعالة وغير الفعالة غير جائز خصوصا وأن كل منهما في اتجاه متعامد مع الآخر، ومن ثم لا نستطيع جمعهما جبريا بل يكون ذلك بالمتجهات كما يوضحه الشكل رقم 4-5. أنه من الضروري إجراء تحويل كي يصبح كل المتجهات ممثلة في واحدا فقط وهذا ما نحصل عليه إذا تم تحويل القيم إلي اتجاه الطاقة الكلية والتي تأخذ اتجاه القدرة الكلية كما في الشكل (أ) ويتم من خلال إسقاط كلا من الطاقتين الفعالة وغير الفعالة علي اتجاه الطاقة الكلية بالعامود المبين في الشكل (ب).

طاقة كلية
P cos ϕ
طاقة غير فعالة
طاقة فعالة
Q
ϕ
P

(ب) مثلث الطاقات (أ) مثلث القدرات

الشكل رقم 4-5 : رسم توضيحي لمتجهات الطاقة وإسقاطها علي اتجاه الطاقة الكلية

هكذا تصبح الطاقة الكلية في اتجاهها محددة بالمعادلة:

$$\text{Energy} = E_P \cos(\phi) + E_Q \cos(90 - \phi) = E_P \cos(\phi) + E_Q \sin(\phi) \qquad (4\text{-}6)$$

ذلك هو ما نجده بالأرقام من النتائج المجدولة في الصورة:

$$\text{Total Energy} = 5622.93 + 2475.24 = 8098.17$$

بالتالي نستطيع الحصول علي قيمة نسبة الفقد بالنسبة بين القيمة المسقطة للجزء غير الفعال من الطاقة علي اتجاه الطاقة ذاتها إلي قيمة إسقاط الطاقة الفعالة فعلا في نفس الاتجاه وهي 30.5 %.

ثانيا: الأحمال الخفيفة Light Loads

تتنوع الأحمال الخفيفة من حيث المعني إلي حالتين تبعا لما هو يتم من تشغيل في الشبكات الكهربية بناءا علي المنظومة الهندسية المتبعة في هذا الكتيب ونضعهما في الشكل التالي:

1- الأحمال الدنيا (minimum loads)

تظهر الأحمال الدنيا في أي من منحنيات الأحمال الكلية علي الشبكة الكهربية، سواء ما كان ذلك يخص الأحمال الكلية علي الشبكة أو أن تكون أحمالا خفيفة علي المعدة المحددة والمعنية بالحمل زمنيا وتقوم علي تغذيتها بالكمية المطلوبة أو أن تكون هذه الأحمال ذات علاقة مباشرة مع الحمل القاعدي (base) كما هو موضح في الشكل رقم 4-3. نجد من الرسم أن القيمة العددية للطاقة الكهربية اليومية قد وردت بالصورة:

$$Energy = Power \times Time = 24\,b + (P_1/2 + P_2/2)T - b\,T + A_{am} + A_{pm} = 24\,b + (P_1/2 + P_2/2 - b)\,T + A_{am} + A_{pm} \qquad (4\text{-}7)$$

من هذه المعادلة نستطيع الحصول علي قيمة القدرة المتوسطة وهي الحمل المتوسط وذلك بالصيغة:

$$Average\ Power = (1/24)\,\{ 24b + (P_1/2 + P_2/2 - b)\,T + A_{am} + A_{pm} \} \qquad (4\text{-}8)$$

هذا هو ما يضعنا أمام حقيقة واقعية الأحمال الخفيفة ذات علاقة وثيقة بالقيمة المتوسطة للحمل لأن الجزء الأول من المعادلة عادة ما يكون أكبر من أي جزء أخر.

2- الأحمال الخفيفة

تقع الأحمال الخفيفة عموما علي المعدات داخل الشبكة الكهربية وتتواجد تلقائيا تبعا لنوعية المعدات والمكونات الموجودة في الدوائر الكهربية المختلفة، والتي تنحصر فيما يلي:

(أ) الأحمال الخفيفة علي المولدات

تتعلق الأحمال الخفيفة علي المولدات (alternators) بتلك الأحمال اللحظية والواقعة علي محطات التوليد وهو ما قد لا يظهر كحد ادني علي منحنيات الأحمال الكلية ولكنه يتضح عند دراسة منحني الأحمال للمولد تحت الدراسة فيبين أين الحمل الأدنى وهي الحالة التي تمثل الخطورة عند تشغيل المولدات خصوصا إذا ما كانت قريبة من حالة اللاحمل (no load) مما ينعكس بدوره علي سرعة المولد وبالتالي علي استقرار تشغيل الشبكة من حيث قيمة الذبذبة (frequency) داخل الشبكة.

جدير بنا أن نضع الحالات المختلفة لتحميل المولدات وأسلوب التنفيذ والتخطيط لذلك ونفرد لها مكانا مختصرا علي النحو التالي:

1- معدل ارتفاع الحمل (RRL) Rate of Rise of Load

يقدم الشكل رقم 4-6 منحني الحمل الزمني في شكله العام حيث يتم توزيع الوحدات عليه لتغذية الأحمال المطلوبة، فنري أن المنحنى قد أخذ الشكل المستقيم بين كل نقطتين لتسهيل المهمة من جهة وكنوع من التقريب من الجهة الأخرى وهو بذلك يعطي الخط الرأسي لحالة التحميل الفوري حيث تصبح

$$(dP / dt = \text{infinity})$$

يعطي الخط الأفقي لحالة اللاحمل لمدة زمنية حيث

$$dP / dt = 0$$

وهي أخطر الحالات، بينما يقع بينهما الحمل الفعلي وكلما أقترب في بداية تشغيل الوحدة من حالة الخط الرأسي كلما كان أفضل حتى لا يقع المولد تحت تأثير السرعة وزيادتها وهو ما يجعل استخدام طرق التحكم في سرعة المولدات أمرا أساسيا حتى لا تزيد الذبذبة عن الشبكة ويحدث الخروج التلقائي للوحدة من التشغيل أو الربط مع الشبكة.

أما الشكل (ب) فيمثل أسلوب الاختيار للوحدات بعد تحديد التشغيل الاقتصادي الأمثل لها تبعا لما هو معروف في هذا المجال وبعد ذلك يلزم بدء التحميل مع معامل RRL بقيمة مرتفعة ثم بعد ذلك لا يهم إذا ما صغرت أو زادت، فنري الوحدة الأولي قد بدأت بهذا

الأسلوب ولذلك فإنها تعبر عن الاختيار الصحيح علي عكس الوحدة الثانية حيث التحميل يبدأ بمعامل صغير والفترة طويلة فيكون الاختيار هنا خطأ.

2- فترة بدء التشغيل Starting Time

هذا الموضوع يصبح ذات أهمية بالنسبة للمحطات البخارية تحديدا ففيها يرتفع زمن بدء تشغيل الوحدة، لأنه يلزم تسخين المازوت كوقود ثم الضخ ثم عملية الاحتراق وما يليها من تبخير للمياه ثم تحميص البخار ثم تجهيز التشغيل الديناميكي للتوربين والوصول إلي السرعة المحددة ثم إدخال الوحدة علي الشبكة. كل هذه الخطوات تستغرق الكثير من الوقت والذي يصل إلي عدد من الساعات وهو ما يستدعي الاعتماد علي الأسلوب الوارد في النقطة التالية وعدم الاستغناء عن تشغيلها.

(أ) معدل ارتفاع الحمل

(ب) اختيار الوحدات

الشكل رقم 4-6 : منحني الحمل الزمني عند تحميل الوحدات

3- توزيع الأحمال علي التوازي Parallel Distribution of Loads

لتفادي عملية التحميل الخفيف القريب من اللاحمل أو التشغيل بدون حمل عند بداية دخول الوحدة إلي الخدمة تتجه العملية التنفيذية إلي إدخال الوحدات قبل الاحتياج لها بحيث تدخل عند وصول الوحدة العاملة إلي حدود الحمل الأقصى لها فتتقاسمان الحمل وتكون البداية علي حمل وبذلك نتفادى أخطار البدء سابقة الذكر كأحد الوسائل غير أن يوجد تطورا هائلا في هذا الصدد.

علي الجانب الآخر نضيف هنا ضرورة الابتعاد عن حالات التحميل الزائد (over loading) إلا عند الظروف القاسية وإذا ما كان ممكنا أسلوبا آخر فيكون الأفضل لسببين هما:

الشكل رقم 4-7: الدائرة المكافئة للمحولات عند الأحمال الخفيفة

1- البعد عن حالة التشغيل الحرج

2- عدم إجهاد المحول فيقصر معه عمره في الخدمة مرورا مع الزمن.

(ب) الأحمال الخفيفة علي المحولات

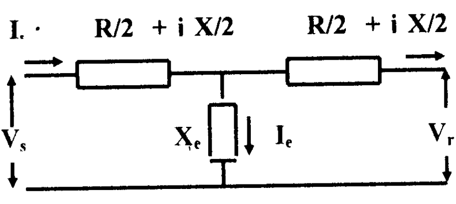
حالات الحمل الخفيف واللاحمل (no load) تثير المشكلات الهندسية في مستوي أداء (performance) الشبكة نتيجة ارتفاع التيارات المغناطيسية (magnetic currents) والإعصارية وما قد يصحب ذلك من أضرار.

ذلك يكون هاما خصوصا وأنها تحتوي علي الموجات التوافقية (harmonic waves) والتي تظهر نتيجة لعدم تواجد الصفات

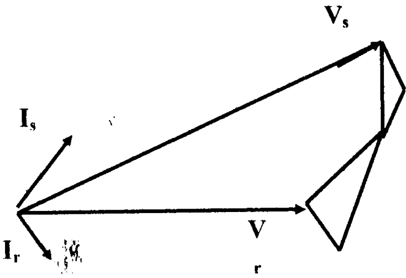
الخطية (linear characteristics) في هذه التيارات والفيض المغناطيسي (flux) المسبب لها وهي الممثلة بالفرع المتوسط (shunt branch) حيث تزيد قيمة التيارات فيه عند اللاحمل وكذلك الأحمال الخفيفة. في هذه الحالة يكون تأثير التواجد غير الخطي أكثر بكثير من التأثير الخطي الناتج عن الأحمال، ويظهر الفقد أيضا مما يجعل الكفاءة (efficiency) قليلة كهربيا فتحتاج بذلك إلي تواجد الأحمال كي تندثر قيمة التيارات الإعصارية بالنسبة إلي التيار الكلي مما يقلل تأثيره وتتحول إلي حالات التحميل المعتادة.

(ج) الأحمال الخفيفة علي الخطوط

تزداد الخطورة في هذه الحالة إذا كانت هذه الخطوط الكهربية طويلة المسافة وهو ما يزيد من قيمة القدرة السعوية (capacitive) بدلا من الحثية (inductive) المعتادة عند الأحمال المتوسطة والعالية، فترفع قيمة الجهد علي أطراف النهاية لها إلي حدود فوق مستوي العزل الطبيعي (insulation level) للخط. هذا الجهد فوق العادي قد يؤدي إلي انهيار (breakdown) العوازل (سلاسل العازلات)، ومن ثم يتوقف الخط عن العمل وتتوقف عملية نقل القدرات الكهربية المطلوبة.



الشكل 4-8: الدائرة الكهربية المكافئة لخط كهربي



الشكل رقم 4-9: الرسم المتجه vector diagram للجهد علي خط كهربي بأحمال خفيفة

يقدم الشكل رقم 4-8 الدائرة المكافئة T للخط الكهربائي عند زيادة الطول وظهور السعة التي تسبب ظاهرة فرانتي (Ferranti Effect) حيث يرتفع الجهد (V_r) عند أطراف الاستقبال (النهاية) عن الجهد (V_s) عند البداية، مما يسبب انهيارا للعزل في منطقة ارتفاع الجهد عن مستوي العزل الفعلي وهو ما يبين لنا من الشكل رقم 4-9 حيث نجد أن جهد الاستقبال (receiving end) يزيد عن الجهد عند أطراف الإرسال (sending end) فنري الجهد في حالة الأحمال الخفيفة أكثر عن جهد الإرسال.

جدير بالذكر أنه يمكن الاستفادة من حالة الحمل الخفيف علي أي من هذه المعدات وذلك عن طريق رفع مستوي التحميل، بإضافة أحمال لتخزين المياه في محطات رفع المياه مثلا وإعادة الانتفاع بها وقت الذروة لتوليد طاقة هيدروليكية بسيطة. هذا الوضع يمثل حالة هندسية مطلوبة لأنها تعتبر في هذه الحالة أنها استغلالا للطاقة الضائعة وتحويلها إلي طاقة مخزونة مفيدة عند الطوارئ أو عند اللزوم.

ثالثا: معامل القدرة Power Factor

يعتمد منحني الأحمال في جوهره علي معامل القدرة فنجد تأثيره كبير عند الذروة بينما يتضاءل ذلك مع الأحمال الخفيفة ولذلك يجب الاهتمام به ودراسته وتحديد مستوي التأثير علي الأحمال وبهذا نسرد فيما يلي الحدود الأساسية له في نقاط محددة.

1- أهمية معامل القدرة Importance

يلعب معامل القدرة دورا هاما في التخلص من الفاقد واستعادة الطاقة الضائعة إلي الشبكة مرة أخري كي تستغل في مكان آخر ومن الضروري التعرض لأهم النقاط الجوهرية ونضعها إيجازا كما يلي:

(أ) العيوب Disadvantages

تأتي العيوب من عدة محاور نضعها في السطور القادمة.

أولا: العيوب العامة الأساسية General Defects

يمكن وضع هذه العيوب في ثلاث نقاط محورية هي:

1- رفع تكلفة إنتاج الطاقة

2- خفض معدل التحكم في الجهد

3- زيادة الفقد الكهربائي

بينما تتنوع العيوب في إطارها بين طرفي العملية الكهربية أي بين المستهلك وشركات الكهرباء.

ثانيا: العيوب الإستهلاكية Consumption Defects

أما عن العيوب الناجمة عن الإستعمال أو الإستخدام وهي بذلك تقع علي أكتاف المستهلك فنراها في:

1- تحميل أعباء مالية (غرامة كبار المشتركين)

2- استهلاك وتقصير عمر الأجهزة الدوارة

3- الإضرار بمستوي أداء الأجهزة

ثالثا: العيوب الإنتاجية Production Defects

تظهر العيوب من الإنتاج في أغلب دول العالم وهي العيوب التي تخص شركات الكهرباء حيث أنها فتدخل في ثلاث مبادئ هي:

1- تحمل نفقات زائدة لتشغيل المحطات

2- تقليل القدرة علي سد احتياجات المستهلكين

3- زيادة أعباء التطوير والتوسع والتجديد بالشبكة

رابعا: عيوب معامل القدرة Power Factor

يرجع انخفاض معامل القدرة إلي عدد من الأسباب تنحصر أيضا بين المستهلك وشركات الكهرباء فالمستهلك يسبب انخفاض هذا المعامل بما يلي:

1- تشغيل موتورات علي أحمال خفيفة

2- استخدام مصابيح الإنارة التي تعتمد علي تفريغ الغازات

3- استهانة بعض من صغار المشتركين لعدم وجود شرط جزائي بالغرامة علي وتيرة المتبع مع كبار المشتركين

أما شركات الكهرباء فتتسبب في انخفاض معامل القدرة لسببين هما:

1- عدم تقنين الغرامة لصغار المشتركين إذا انخفض معامل القدرة طرفهم

2- وجود تيارات توافقية في الشبكة

(ب) أسلوب التحسين Improvement Concept

من الممكن أن يتحقق تحسين معامل القدرة بعدد من الوسائل ولهذا نضعها جميعا من خلال محورين هما:

المحور الأول: تجنب مسببات الخفض

نذكر هذه العوامل بطريقة موجزة وذلك عن طريق الإشارة إلي مسمياتها وبذلك يمكن حصر أهم العوامل التي تساعد في هذا الصدد بما يلي:

1- الابتعاد عن التوسع في استخدام المصابيح الغازية في الإضاءة

2- عدم السماح بالأحمال الخفيفة علي المحولات من أجل تقليل التيارات المغناطيسية وكذلك الماكينات الكهربية مثل المضخات وضواغط الهواء فيلزم نقل الأحمال الخفيفة وتجميعها علي أحد المعدات كلما أمكن.

3- عدم الاستعانة بالمحركات التأثيرية

المحور الثاني: الاستعانة بمعدات لرفع قيمة معامل القدرة

العوامل التي تساهم في رفع معامل القدرة وذلك للدوائر العاملة فعلا علي الجهد بالدائرة من خلال الأدوات والمعدات المستخدمة عند أطراف الإستخدام الكهربي عديدة ونذكر منها:

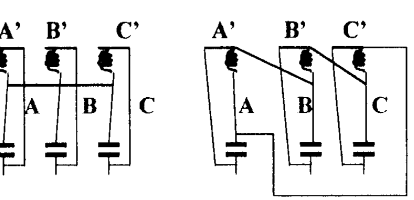
1- تركيب مكثفات علي الشبكة

هناك الكثير من الأنواع المستخدمة من المكثفات عموما لهذا الغرض ومنها: (مكثفات ثابتة – مكثفات تزامنية – مكثفات تقوية – مقدم الزاوية). كما يمكن توصيلها بطريقة فردية لكل معدة أو جهاز كما يمكن تركيبها بصورة جماعية لكل المعدات في الموقع الواحد أو يمكن الاستعانة بالمكثفات بأسلوب مركزي .

أ- استخدام الآلات المتزامنة في مجال الإثارة

ب- الاعتماد علي معدات وأجهزة عالية معامل القدرة

نعني هنا استخدام معدات وأجهزة تعمل بأدوات تساعد علي رفع معامل القدرة لكل جهاز علي حدة مثل المحركات عالية السرعة، وكذلك تلك المعدلة بمعامل القدرة عن طريق توصيل مكثفات داخلية مع ملفات المحرك بأسلوب التعويض التوازي سواء كانت الملفات بتوصيلة نجمة أو دلتا (الشكل رقم 4-10).



الشكل رقم 4-10 : توصيل المكثفات علي التوازي مع ملفات المحرك

علي الجانب الآخر نستطيع توصيل المكثفات في شكل دلتا ويتم تركيبها علي أطراف ملفات المحرك كما جاء في الشكل رقم 4-11.

2- تأثير معامل القدرة علي منحنيات الأحمال P. F. Effect on Load Curves

تتأثر منحنيات الأحمال للقدرات الكلية بدرجة كبيرة بمعامل القدرة والذي يجب أن نضعه واضحا في صورة المعادلة الرياضية الممثلة لمنحني الأحمال عند الحصول علي الطاقة المستقلة عند الحصول علي الطاقة المستقلة علي النحو:

$$\frac{\Sigma V_i I_i}{\Sigma I_i} = V \qquad (4\text{-}9)$$

حيث i تأخذ الأرقام من 1 وحتى 24 أي بعدد الساعات اليومية ونجد أن الجهد متغيرا مع تغير الأحمال إلا إننا نفترض ثبوته بقيمة واحدة وبذلك تظهر قيمة القدرة الفعالة بوحدات الميجا وات

الشكل رقم 4-11: توصيل المكثفات ثلاثية الطور دلتا علي ملفات المحرك

بالصيغة:

$$MW = V\{ I_1 \cos \varphi_1 + I_2 \cos \varphi_2 + \ldots + I_{24} \cos \varphi_{24} \} \quad (4\text{-}10)$$

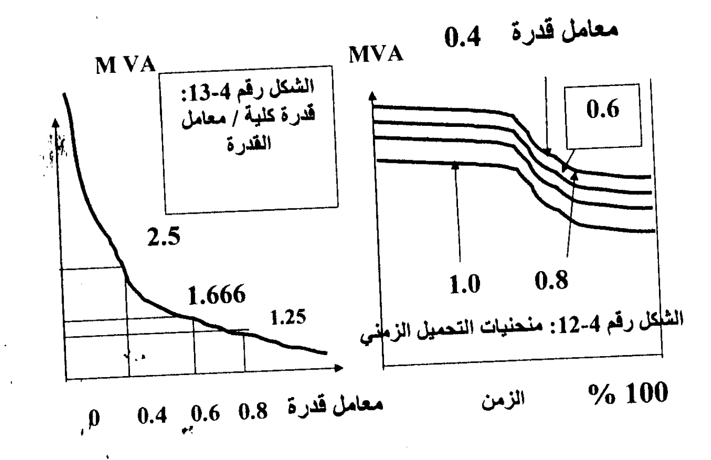
بينما تعبر المعادلة التالية عن القدرة غير الفعالة بوحدات م. ف. أ. ر. بالشكل:

$$MVAR = V \{ I_1 \sin \varphi_1 + I_2 \sin \varphi_2 + \ldots + I_{24} \sin \varphi_{24} \} \quad (4\text{-}11)$$

هكذا نحصل علي قيمة معامل القدرة المتوسط اليومي في الصورة:

$$\cos' \varphi = MW / MVA = 1 / \sqrt{\{1+(MVAR/ MW)^2\}} \quad (4\text{-}12)$$

ذلك هو ما يحدد لنا أن معامل القدرة ذات تأثير واضح علي مدي الاستفادة من القدرة المتاحة في محطات توليد الطاقة، وهو الأمر الذي يوضحه الشكل رقم 4-12. هذا الشكل يبين من منحني التحميل الزمني أن معامل القدرة يزيد من القدرة المتاحة والمطلوبة ويستهلكها كلما انخفض هذا المعامل، وقد جاءت الأشكال المتعددة مع ثبات قيمة الطاقة الفعالة لحظيا في كل المنحنيات بالشكل. بالإضافة إلي أن القدرة الكلية تعتمد علي معامل القدرة بشكل مباشر كما جاء في الشكل رقم 4-13، حيث يرتفع مقدار القدرة الكلية المطلوبة لذات الحمل مع انخفاض معامل القدرة بشكل متزايد وغير خطي.
أن القدرة الفعالة ثابتة للشكلين كما أن التعامل مع معامل القدرة المتوسط كان الأساس في الحسابات والتي رسمت في الشكلين.
سبق التعرض لموضوع معامل القدرة في الأجزاء السابقة من الكتيب، وكل ما نؤكد عليه هو أن هذا المعامل يمثل نوعا جوهريا من التحسين والتطوير في شكل منحنيات الأحمال خصوصا وانه يتغير لحظيا بطبيعة الحال نظرا للتغير المستمر في نوعية الأحمال التي تدخل أو تخرج من الشبكة الكهربية فتزيد أو تنخفض قيمته حسب الأحوال. هذا هو ما يحدث فعلا في الواقع الفعلي ولذلك فكل ما تم التعامل معه من شرح في هذا الجزء الخاص بمعامل القدرة كان مؤسسا علي معامل القدرة المتوسط، وهو بالتأكيد يختلف عن معامل القدرة اللحظي، كما تزيد أهميته إذا ما انخفض عند الذروة أو عند الأحمال الخفيفة أيضا.



الشكل رقم 4-13: قدرة كلية / معامل القدرة

الشكل رقم 4-12: منحنيات التحميل الزمني

2-4: تصميم الرسم بمحنيات الأحمال Single Line Design

يعتمد التصميم الجيد علي الشكل العام لمنحنيات الأحمال وهذا لا يمكننا التكهن به علي الدوام، فقد تتبدل الأحوال أحيانا أو تحدث تغييرات جوهرية في الشبكة الكهربية. لذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم كل الاحتمالات وما يجد أثناء التشغيل يقع علي عاتق مهندسي التشغيل سواء في المحطة أو في مراكز التحكم المختصة، ولهذا يلزم التعامل مع منحنيات الأحمال كواحد من المعاملات الأساسية في عملية تصميم وصلات الربط الكهربية بين المعدات وملحقاتها داخل المحطات الكهربية علي وجه العموم. هذا الوضع في التصميم يحتاج إلي أن توضع التوصيلات الكهربية في شكل رسم كهربي متكامل الأطراف من حيث دخول الطاقة أو خروجها، وهو ما يعرف باسم الرسم الفردي للمحطة. ولكن هذا التصميم يدخل في عمليات تحسين المعاملات الخاصة بالتحميل ومنحنيات الأحمال، وهو ما سبق توضيحه في الفصول السابقة والحالي. لذلك يتبع في أسلوب تركيب المكثف التوازي للمحركات موقعا من الثلاث المبينين في الرسم الفردي للدائرة (الشكل رقم 4-14).

هكذا كان لزاما علينا أن نتوجه إلي مبادئ تصميم الرسم الفردي للمحطات من وجهة نظر الأحمال وبالمعنى الأصح بمنحنيات الأحمال وهي متغيرة الطابع لحظيا علي مدار اليوم، ولذلك نضع هذا المحور من التصميم في الشكل الوارد في الفقرات الواردة لاحقا.

أولا: محطات التوليد Generating Stations

يهمنا في محطات التوليد ومن وجهة نظر الأحمال فقط أن توضع الأحمال علي المولدات بشكل اقتصادي ثم بالشكل المحسن، وعند الحسابات الاقتصادية تأتي المعادلات والحسابات الرياضية لإيجاد الحل الأمثل لسريان الطاقة فيتحدد بناء عليه أي الوحدات لا بد وأن تدخل الخدمة وجدولة تشغيلها. في هذه الحسابات كان يعتبر التيار ثابتا أو في أفضل الظروف تؤخذ القراءات كل فترة زمنية لدراسة السريان الأمثل للأحمال، وهنا نضيف أنه من الضروري اعتبار أن التيار متغير لحظيا كما ورد في منحنيات الأحمال وهنا يكون الحل الأمثل معتمدا كليا علي منحنى الأحمال الخاص بكل معدة. هنا الحديث عن الوحدات التوليدية وبالتالي يكون القصد بأي الوحدات تأخذ الأحمال التالية وما هو توقيت دخولها وكل هذا سبق شرحه منفردا، ولكننا هنا ندخل بالموضوع متداخلا مع الرسم الفردي للمحطة ولهذا يجب أن تضاف المعدات والأدوات التي تتيح لنا فرصة للتنقل بين الوحدات وأن توضع الوحدات البديلة دائما معا في قطاع واحد سواء بصورة مباشرة أو عن طريق مفتاح ربط يعمل عند الضرورة.

ثانيا: محطات تحويل الطاقة Transformer Stations

بنفس الأسلوب السابق تأتي أهمية الرسم الفردي بناء علي منحنيات الأحمال حيث يمكننا تحميل المحول بمجموعة من الأحمال محددة تكون في مجموعها ذات صفات جيدة وافضل الحالات التي تهم التشغيل في المحول، فمثلا لا نترك أحمالا خفيفة لمدد طويلة علي المحول فتقل التيارات المغناطيسية والفقد التابع له. كما يمكننا جمع النوعيات المتباينة في معاملاتها حتى تتحسن الصورة الإجمالية لمنحنيات الأحمال فترتفع الكفاءة في تحميل المحول، بهذا نحتاج إلي توزيع الأحمال المطلوب تجميعها في صورة أفضل في جهة واحدة من المحول سواء كان المحول لخفض الجهد أو لرفعه فيكون الناتج العام هندسيا سليما وأفضل.

ما ذكر يعني أن المقاطع المختلفة تنفصل أو تتصل بخلايا الربط coupling cells بينها عند الاحتياج، أو أن توضع هذه الأحمال والتي عندما تجمع سويا تتحسن الصورة علي مقطع واحد Single Section وتتقطع المقاطع باستخدام مفاتيح الربط Coupling Circuit Breakersالمختلفة لتحسين مستوى الأداء والتشغيل في الشبكة. يكون هذا متمثلا في المعدة التي ترتفع فيها الكفاءة وهي الآن المحول، إضافة إلي توفير هذا الفقد والذي قد يتضخم في مجمله علي الشبكة كي تستغل في أحمال أخري قد نحتاجها. يمكن أن يكون التحسين في معامل التحميل أو في معامل القدرة أو في مستوي تحميل المعدة (مولد أو محول).

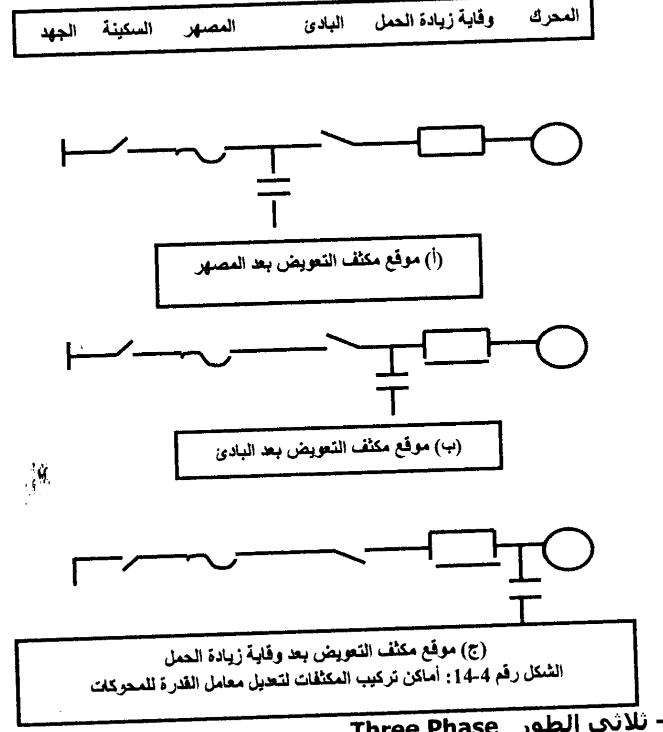
من الضروري التأكيد عن أن محطات الربط والتي قد تكون محطات محولات أو مجرد محطة مفاتيح كهربية للربط بين الدول، بما تحتويه أيضا من عدادات للقراءات كي تتم المحاسبة المالية بناء علي ذلك، تدخل في هذا المجال بحيث أن تتبع هذه المحطات عملية تحسين منحني الأحمال الكلي نتيجة التباين في الأحمال إضافة إلي الفرق الزمني الذي يتيح الفرصة لتحسين خواص منحني الأحمال الكلي وبهذا توضع هذه المحطات داخل المنظومة الخاصة بتحسين معاملات منحني الأحمال.

ثالثا: أهمية توزيع الأحمال Distribution Importance

يخضع توزيع الأحمال للأسس السابقة والواردة في بداية هذا الفصل ولذا نضع أهمية هذا التوزيع في محاور رئيسية هي:

المحور الأول: اتزان الأحمال علي الأوجه Load Balance on Phases

تحتاج الشبكة الكهربية أثناء التشغيل إلي أن تكون متزنة ومستقرة طوال الوقت، ولكن عملية توزيع الأحمال علي الأطوار وبينهم البعض تدخل في نطاق عدم الاكترات أو اللامبالاه أحيانا فينعكس علي اتزان الشبكة. من هنا نري التعرض إلي النوعين الأساسيين المسببين للمشكلة هذه في إيجاز من منطلق توزيع الأحمال علي الأطوار Distribution Between Phases وينقسم هذا المبدا إلي نوعين حسب الأطوار كما يلي:



(ج) موقع مكثف التعويض بعد وقاية زيادة الحمل

الشكل رقم 4-14: أماكن تركيب المكثفات لتعديل معامل القدرة للمحركات

1- ثلاثي الطور Three Phase

نحتاج إلي تماثل الأحمال لحظيا علي الأوجه الثلاث حيث نحصل علي توازن مستمر إلا انه لايمكن ان يتحقق في شبكات التوزيع حيث المستهلكين.

نجد أن هذه الأحمال لا يمكن أن تتماثل مما يدعونا إلي التوجه نحو تعديل الانحراف في التماثل حتى نحصل علي قدرات متماثلة وكي

تنقل علي نفس المنوال، لهذا نجد أن عدم التماثل بين الأوجه الثلاث يؤدي إلي خللا ما في نقطة التعادل وفي توزيع الأحمال كهربيا وميكانيكيا علي المعدات الداخلة في إطار هذه المشكلة (الشكل رقم 4-15). لهذا يمكن التعامل مع منحنيات الأحمال للتخلص من عدم التماثل بوضع الأحمال غير المتماثلة معا بشكل يساعد علي تماثلهم بقدر الإمكان وتعتبر هذه الطريقة من الطرق السهلة البسيطة وغير المكلفة للتوصل إلي الشكل المتماثل في الأحمال علي الشبكة.

C A N N B

الشكل رقم 4-15: متجهات الجهد في الحالتين
حالة الاتزان ______
حالة اللا تماثل - - - -

2- أحادي الطور Single Phase

تكمن مشكلة عدم التماثل بين الأوجه الثلاث في التوزيع الحملي علي الطور الواحد حيث نجد أحد الأطوار قد تحمل أكثر من غيره بالكثير وهذا بدوره ينتقل إلي الأحمال ثلاثية الطور مما يزيد من المشكلة، ولهذا يمكن دراسة الأحمال الفردية علي الطور الواحد كل علي حدة كي يتم نقل بعض الأحمال من الطور إلي غيرة وصولا إلي التماثل المنشود بين الأطوار جميعا. هذا أمرا سهلا إذا ما أخذ في الاعتبار منذ البداية في تصميم الشبكات داخل القطاعات الصغيرة مثل الأبنية والمصانع الصغيرة والمكاتب التجارية وغيرهم.

المحور الثاني: تقليل الفاقد غير الفعال
Reduction of Reactive Effect

يمكن تحقيق هذا إما عن طريق تحسين معامل القدرة أو بأسلوب التعويض للقدرة غير الفعالة، وبالنسبة إلي تحسين معامل القدرة Improvement of P. F تأتي عملية توزيع الأحمال علي الوحدات العاملة والمحولات المتواجدة بالخدمة كي تكون كل مجموعة متوازنة في معامل القدرة. هذا ما يعني أهمية توزيع الأحمال بين النوعيات المختلفة في معاملات القدرة وليس بالشكل المتوسط بل اللحظي، فيجب أن تتوازن الأحمال عند جمعها علي القضبان الكهربية في بداية كل محطة ومن ثم توزيعها أيضا بنفس الأسلوب وصولا إلي أعلي قيمة لمعامل القدرة. هذا الوضع يؤدي إلي أقل قدرات ضائعة، وهو الأمر الذي يعتمد علي قانون كيرشوف لمجموع التيارات عند نقطة التوصيل، حيث يلزم أن تكون التيارات في مجموعها ذات معامل قدرة عالي. إن هذا يجعل مجموع التيارات التي تعطي معامل قدرة مرتفعا، تتجمع سويا علي القضبان أو تغذي محول أو حتى يتم تغذيتها من الوحدة الأصلية في المحطات المختلفة.

11 kV R1 R2 R3 R4 Ri+1 Rn

Q1 Q2 Q3 Qi

الشكل رقم 4-16 : الدائرة المكافئة لشبكة

إذا ما اتبع هذا الأسلوب فنحصل علي أفضل استغلال ولكن الحالة المثلي هي حالة الرنين resonance حيث يتم تعويض القدرة غير الفعالة (الحثية) بأخري سعوية كي تتزنا سويا ونحصل علي الرنين – نحن لا نحتاج إلي حالة الرنين كتشغيل ولكننا نتطرق إلي خصائص تواجدها - وهو ما يمكن أن يتم بحالتين وهما:

(أ) توصيل المكثف علي التوالي في الدائرة فيكون الرنين تواليseries resonance وهي الحالة التي تأتي بالتوافقيات الثانية second harmonics في الشبكة إضافة إلي التكلفة العالية لمثل هذه المكثفات.

(ب) يتم تركيب المكثفات علي التوازي لنحصل أيضا علي الرنين التوازي parallel resonance وهو الأسهل عموما كما جاء في الشكلين رقمي 4-10 و4-12 وكذلك الشكل رقم 4-14 أعلاه كما أنه يتيح الفرصة للفصل أو التركيب حسب الأحوال ولهذا نجد النوع

الأخير هو الأكثر شيوعا في الاستخدام، ويمكننا وضع العلاقة الرياضية الخاصة بالتعويض الأمثل للطاقة غير الفعالة في الشبكة الكهربية بشقين. أما في الشق الأول وهو الجزء الذي يخص المستهلك أي في شبكة التوزيع فنري في الشكل رقم 4-16 الدائرة المكافئة لشبكة التوزيع في صورة عامة، سواء كانت الشبكة وحيدة المغذي أو متعددة المغذيات r والمغذي رقم (i) يشمل (n_i) محول عند كل قضيب كهربي node والرقيم (j) وبالتالي نحصل علي القدرة غير الفعالة للمكثفات المطلوبة بالشبكة بالمعادلة:

$$Q_{ct} = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{n_i} Q_{cij} \qquad (4\text{-}13)$$

بمعرفة جهد القضبان وبفرض ثبات ثمن المكثفات والفقد فيهم وبناء علي طريقة لاجرانج للمعاملات غير المحددة نحصل علي الطاقة المفقودة بالشبكة بدلالة معامل لاجرانج L في الصورة:

$$\begin{bmatrix} R_{1j} & R_{1j} & R_{1j} & R_{1j} \\ R_{1j} & \Sigma R_{ij} & \Sigma R_{ij} & \Sigma R_{ij} \\ . & & & \\ . & & & \\ R_{1j} & \Sigma R_{ij} & \Sigma R_{ij} & \Sigma R_{ij} \\ . & & & \\ R_{1j} & \Sigma R_{ij} & \Sigma R_{ij} & \Sigma R_{ij} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_{ij} \\ Q_{ij} \\ \\ \\ Q_{ij} \\ \\ Q_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma\Sigma R_{ij} \quad Q_{sj} - LV_o^2 \;/2t \\ \Sigma\Sigma R_{ij} \quad Q_{sj} - LV_o^2 \;/2t \\ \\ \\ \Sigma\Sigma R_{ij} \quad Q_{sj} - LV_o^2 \;/2t \\ \\ \Sigma\Sigma R_{ij} \quad Q_{sj} - LV_o^2 \;/2t \end{bmatrix} \qquad (4\text{-}14)$$

حيث أن القيمة (R_{ij}) تعني الفقد عند النقطة (i) والمغذي رقم (j) ومن ثم نضع الفرض الآتي للطاقة غير الفعالة وهو:

$$Q_{dij} = Q_{ij} - Q_{cij}$$

$$g_j = R_1 \left(\Sigma \; Q_{ij} - Q_{ctj} \right) \qquad (4\text{-}15)$$

بناء علي ذلك نبدأ في الحل للمعادلات السابقة بالصورة

$$\begin{bmatrix} R_{1j} & R_{1j} & R_{1j} & R_{1j} \\ 0 & R_{2j} & R_{2j} & R_{2j} \\ . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & R_{mj} \\ . & & & \\ 0 & 0_{1j} & 0 & R_{nj} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_{d1j} \\ Q_{d2j} \\ . \\ Q_{dmj} \\ Q_{dnj} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_j \\ 0 \\ . \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (4\text{-}16)$$

بتقليل عدد المتغيرات في مجموعة المعادلات علي التوالي تتابعا وحتى تصبح قيمة (Q_{cmj}) عند النقطة (m) ذات قيمة موجبة وبالتالي تتحول كل القيم السالبة إلي صفرا ونحصل علي المعادلة:

$$(2t/V_o^2) = \Sigma\ \Sigma R_{ij}\ Q_{sj} > 0$$

(4-17)

بينما يتحدد معامل لاجرانج في هذه الحالة من خلال الصيغة:

$$L_j = (2t/V_o^2)(\Sigma\ \Sigma\ R_i\ Q_{sj} - Q_{ctj}\ \Sigma R_{ij})$$

(4-18)

بالتالي نحصل علي قيمة الفقد في الطاقة M بالمعادلة

$$M = (t/V_o^2)\ \Sigma \Sigma R_{ij}\ [\Sigma (Q_{is} - Q_{cis})] + [\Sigma\Sigma(Q_{cij} - Q_{ct})]\ L \quad (4\text{-}19)$$

هكذا نصل إلي المعامل g بالشكل:

$$g = [\Sigma\ \Sigma\ (Q_{ij} - Q_{ct})]/[\Sigma\ (1/R_{i1})]$$

(4-20)

بعد هذه العمليات الرياضية نبغي التوصل إلي الحدود الاقتصادية لتركيب المكثفات علي جهد التوزيع وهو 380 ف، فنعرف جيدا أن معادلة التكلفة الاقتصادية تتبع الصورة:

$$Cost = (a + d)\ K + e\ (E + E_c)$$

(4-21)

نجد الرموز الواردة وهي (a) تعبر عن معامل الكفاءة، (d) تعني الصيانة والزيادة الاقتصادية depreciation, (K) تعني تكلفة كلية للمكثفات جميعا، (e) تساوي سعر الطاقة المفقودة بينما(E_c and E) تشير إلي الطاقة المفقودة في المكثفات وفي الشبكة علي التوالي، وبهذا نجد التكلفة هي:

$$F = u\ \Sigma\ Q_{ci} + H\ \Sigma\ q_{ci} + (et/V_o^2)\ [\Sigma\ r_i\ (Q_i - q_{ci})^2 + \Sigma\ R_i\ \{\Sigma\ (Q_s - Q_{cs} - q_{cs})\}^2]$$

(4-22)

حيث نجد المعامل H يتبع المعادلة:

$$H = (a + d)\ K_o + e\ t\ p'$$

(4-23)

يشير الرمز p' إلي القدرة النوعية المفقودة في المكثفات ذات الجهد 380 V واختصارا لهذه الحسابات التالية نضع النتائج لها في شكل منحني لتوضيح هذه العملية الرياضية ومدي دقتها في تحديد الحدود الاقتصادية لتركيب المكثفات علي الجهد 380 V أم 11 kV (الشكل رقم 4-17).

فرق الثمن (جنية /
القدرة الظاهرية الكلية
0.7
0.5
0.3
0.1

الشكل رقم 4- 17: علاقة الفرق في ثمن المكثفات علي جهتي 0.4

هذا يعود إلي أهمية تحسين معامل القدرة لطرفي العملية الاقتصادية وهما المستهلك وشركات الكهرباء، أما عن بالنسبة لشركات الكهرباء فتستفيد بالمزايا العديدة ومنها التالية:

1- زيادة القدرة الخدمية المتاحة للمحطات والمعدات

2- تحسين أداء الشبكة

3- تقليل الفاقد الفني بالشبكة

4- إتاحة الفرصة لمشتركين جدد ومصانع حديثة بنفس الطاقة الموجودة.

أما المستهلك فيحصل علي المزايا الآتية:

1- التخلص من الغرامة المالية وخصوصا بالنسبة لكبار المشتركين

2- إطالة عمر الأجهزة والأدوات والمعدات الكهربية

3- تحسين أداء الأجهزة وهو ما نوضحه في البند التالي.

حيث أن منحنيات الأحمال تتغير باستمرار فيكون فيها تغيرا متلازما للطاقة الظاهرية للمكثفات، ولذلك يتم تركيب هذه المكثفات في مجموعات يتم توصيلها وفصلها تبعا لمنحني الأحمال. عملية الفصل والتوصيل لوحدات المكثفات قد تتم يدويا أو آليا. علي الصعيد الآخر يتم اليوم برمجة عمليات الفصل والتوصيل هذه بالحاسب الآلي، لتحدد فيها أوقات الفصل أو أحمال الفصل تبعا لمنحني الأحمال الفعلي حتى لا تنعكس الآية وتصبح ضارة بالعزل الكهربي إذا ما زادت قدرة المكثفات عن الحدود المسموحة.

المحور الثالث: رفع كفاءة تشغيل المهمات Equipment Efficiency

تختص هذه الفقرة بالمولدات والمحولات من حيث أنها تتصف بشكل عام في علاقة الكفاءة لها تشغيلا مع الحمل الواقع عليها أو الذي يمر بها وهنا تظهر أهمية توزيع الأحمال، حيث يجب أن تتحمل هذه المعدات بقدر الإمكان بالحمل الذي يزيد من قيمة الكفاءة. مثلا في المحول ترتفع كفاءة إنتاج الطاقة عند الأحمال التي تقل قليلا عن الحمل المقنن، بينما تقل هذه الكفاءة جدا عند الأحمال الخفيفة. لهذا يلزمنا أن نعمل علي أن تتحمل المحولات بنسبة عالية من الحمل علي الدوام مع الابتعاد عن الأحمال الخفيفة والمسببة لإظهار الفاقد بنسبة أكبر عن التحميل أحيانا فتقل الكفاءة بشدة.

(أ) V_o

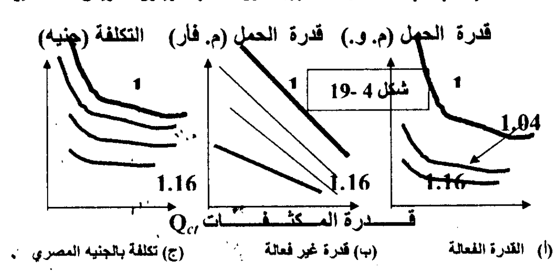
(ب) Q_t $F = f(Q_{ct})$ Q_{ct}

(ج) R Q_tA_t $(1-A_t)Q_t$

(د) R1 R2 Qm $Q_{ct}A_t$ $d\,Q_v$ $(1-A_t)Q_{ct}$

الشكل رقم 4-18: الدائرة المكافئة لشبكة النقل الكهربي

هذا يأتي مباشرة بالنسبة إلي شبكة النقل الكهربي وهي التي تخص شركات الكهرباء دون المستهلك ويكون التعويض للطاقة غير الفعالة فيها جوهريا ويقع العبء كله علي الشركات ذاتها، فنجد علي سبيل المثال الدائرة المكافئة للشبكة في هذه الحالات المحددة بالشكل رقم 4-18. من هذا الشكل تظهر العملية التعويضية من أجل تحسين معامل القدرة بناء علي الأحمال المتواجدة سواء كان هذا التعويض مباشرا او غير



ذلك بما فيها من توزيع القدرة علي جهات أم تركيزها في منطقة واحدة.
بناء علي هذه الدوائر يمكننا التعامل مع الشبكة ككل في صورة مختصرة ونحصل علي التكلفة الاقتصادية لوضع مكثفات لتحسين أداء المهمات العاملة فيها أو عند أطرافها، ولذلك نجد الشكل العام للعلاقة بين تكلفة هذه المكثفات وقيمة القدرة الكلية للمكثفات المطلوبة قد جاءت في الشكل رقم 4-19. في هذا الشكل وضعت العلاقة بين القدرة الفعالة وتلك غير الفعالة للحمل في الاعتبار وتأخذ التكلفة الكلية الصيغة الرياضية:

$$F = A_1 (V_o)\ Q_{ct}^2 + B_1 (V_o)\ Q_{ct} + C_1 (V_o) \quad (4\text{-}24)$$

كما أن القدرة الكلية للحمل توضع في الصورة الرياضية:

$$P_1 + j\ \dot{Q}_1 = [\ A_2 (V_o) + j\ A_3 (V_o)] Q_{ct}^2 + [\ B_2 (V_o) + j\ B_3 (V_o)\ ]\ Q_{ct} + [\ C_2 V_o) + j\ C_3\ (V_o)\ ] \quad (4\text{-}25)$$

جدير بالذكر أن الجهد يتغير تلقائيا، ولذلك فان التغير في قيمته - وهو ما يعني الانحراف بالقيمة للجهد V_d - هو ما يعني الزحزحة في القيمة عن المقنن V_n، وهي قيمة تتغير بصفة دائمة تبعا لتغير منحني الأحمال ومن ثم تكون ضرورية لدراسة منحني الأحمال أو التوزيع الاقتصادي للأحمال بالشبكة وهذا الانحراف هو

$$V_d = (V_o - V_n)/V_n \quad (4\text{-}26)$$

الشكل رقم 4-20: المعاملات الخاصة بالمعادلات الرياضية

لمعامل الانحراف *deviation coefficient* لكل المعاملات الموجودة بالمعادلتين السابقتين قيمة متوسطة قد جدولت في الجدول رقم 4- 6، وذلك باستخدام طريقة المربعات الصغرى **minimum quadratic method**، حيث أن المعامل المتوسط للانحراف **mean deviation** في هذه القيم يشير إلي مدي العلاقة التي جاءت في الشكل رقم 4-21. كما أنه قد قدم الشكل الانحراف في قيمة كل من التكلفة dF والقدرة للحمل سواء الفعالة dP_L أو غير الفعالة dQ_L ويبين من الشكل أن التغير بين القدرة الكلية للمكثفات بوحدات م. ف. أ. ر. لتحسين معامل القدرة وبالتالي مستوي الأداء وبين القدرة الفعالة للحمل يأخذ التغير الخطي.

جدول رقم 4-6 : الانحراف المتوسط في القيم المحسوبة للمعاملات المختلفة الواردة في المعادلتين السابقتين

المعامل	$A_1, (10^{-3})$	$A_2, (10^{-5})$	$A_3, (10^{-3})$	B_1	B_2	B_3	C_1	C_2	C_3
الانحراف المتوسط	1.3	7	0.64	0.56	0.11	0.08	2.7	0.4	2.9

مما سبق نجد أن العلاقة مباشرة أيضا بين تحسين معامل القدرة والتوزيع الأمثل لسريان القدرة في الشبكة خصوصا مع وضع التغير في شكل منحني الأحمال داخل دائرة الاهتمام وفي الحسابات ككل، وهذا يظهر بشدة عندما يتم توصيل مكثفات لتحسين الأداء وتتغير الأحمال كما ظهر من قبل فتنتج مشاكل فنية أخري إذا لم ندخل هذا التغير في الاعتبار.

4-3: الأحمال التوافقية Harmonic Loads

تظهر الأحمال التوافقية والتي عادة ما تكون ضارة بتشغيل الشبكة مع ظهور الأحمال والمكونات غير الخطية الكهربية، هذا يجعلنا نضع هذا الموضوع في صورة متعددة الاتجاهات لتحديد كل المعاني الشاملة له. إن الأحمال التوافقية لم توضع من قبل بعين الاهتمام

في دراسة الأحمال الكهربية بينما تأخذ كل العناية في مجالات عديدة مثل دوائر الوقاية ودوائر التحكم الآلي، علاوة علي أنها تظهر في دوائر التشغيل مما يلزم معه التعبير عن الموضوع في هذا المحور واستكمال الصورة لمخاطر ومساوئ تواجدها أثناء التشغيل. بالرغم من أنها بكافة درجاتها ذات قيمة متضائلة إلا أن العائد عن تواجدها يعطي الكثير من الأضرار فقد تظهر هذه الأحمال ذات الموجات التوافقية في دوائر بها خطأ وحينئذ تعمل الأجهزة مشيرة إلي قراءة قد تبتعد قليلا عن الواقع لهذا السبب، مع العلم بأن الفارق قد لا يكون كبيرا إلا أنه يبعد التحليلات الهندسية عن الدقة اللازم توافرها للعناية بالشبكة ككل. لا يتوقف الأمر عند هذا الحد بل يصل لكل المجالات في إطار الشبكة الموحدة. من هنا علينا الدخول مع موضع الأحمال التوافقية بشكل عام ومجمل علي النحو الذي نفرد له الجزء التالي من هذا الفصل.



الشكل رقم 4-21 : الانحراف مع قدرة المكثفات

أولا: أسباب الموجات التوافقية Reasons

هناك العديد من الأسباب التي تساعد علي وجود الحمل التوافقي وهي تأخذ طابعين هما التشويه في الموجة الجيبية الخاصة بالشبكة بذبذبة 50 هيرتز أو مولدات لهذه الموجات التوافقية وهو ما نستطيع فهمه مما يلي من أسباب:

(أ) مكونات الشبكة components

تتكون الشبكات من العديد من المهمات والمساعدات ففيها يكمن الخطر القادم من الموجات التوافقية ومنها ما يقوم بتوليدها في الشبكة ومنها أيضا ما يتعرض للإجهاد أو الدمار من جراء هذه الأحمال.

1- المكثفات التعويضية علي التوالي Series Condensers

يستعان بالمكثفات التعويضية ذات الطابع بالتوصيل علي التوالي في حالتين بشكل عام مثل بداية عند أطراف محطات التوليد أو في منتصف الخطوط طويلة المسافة كمحطة تعويض لتعديل الخواص، إلا أنه مع المكثفات التوالي تظهر الموجات التوافقية الثانية (2^{nd}harmonic) خصوصا وأنها ذات تأثير أكبر علي تشغيل الشبكة أو تحديد الشكل الموجي للذبذبة.

2- محولات القدرة Power Transformers

نتيجة للتواجد المغناطيسي والفيض المغناطيسي غير الخطي تظهر المركبة الثالثة (3^{rd} harmonic) وهى أكثر النوعيات شيوعا في بالشبكات، ولهذا يجب تجنب تشغيل المحولات علي الأحمال الخفيفة (light loads) لارتفاع نسبة تواجد التيارات غير الخطية في المحول. هذا يزيد من تأثير عدم الخطية وتظهر المركبة الثالثة التوافقية وهو أمر غير مرغوب فيه، وتضاف حالة ترك المحول بلا أحمال (no load) وهي عاملة بالشبكة.

3- ملفات التعويض للخطوط Reactors

يرجع موضوع تأثير الملفات المتواجدة عند نهايات الخطوط الطويلة وتوليدها للموجات التوافقية لتواجد ظاهرة التشبع (saturation) في الشكل العام للفيض المغناطيسي وبذلك يلزم التعامل مع هذه العناصر بأهمية بالغة للتخلص من هذه الموجات التوافقية مثل ما يحدث بالنسبة للمحولات كما ذكر عاليه.

(ب) الحالات الانتقالية Transient Conditions

تعتبر الحالات الانتقالية من المسببات لتواجد الموجات التوافقية لأنها تشوه الشكل الموجي فينشأ عنه تلك الموجات التوافقية، ففي الحالات الانتقالية تظهر ارتفاعات مفاجئة في مقدمة الموجة أو التيار أو الجهد حسب الأحوال مما يخرج الشكل إلي الشكل النبضي وهو ما يحتوي علي العديد من الموجات التوافقية بما فيهم الثالثة، تأتي هذه الحالات إما تبعا للتشغيل المعتاد أو الخاطئ أو لوجود عيوب متراكمة في المهمات داخل الشبكة.

(ج) الأحمال غير الخطية Nonlinear Loads

تظهر بعض الأحمال بخواص خاصة جدا ومنها تلك ذات الخواص غير الخطية وهذه الأحمال تتسبب في ظهور التشويه للموجات وهو ما يعني ظهور الموجات التوافقية، ويمكن أن تتواجد هذه الأحمال في الكثير من التطبيقات مثل أفران الحديد والصلب والدرفلة وفي الدوائر الإلكترونية وفي بعض المصابيح الكهربية مثل الفلورسنت والخانق به وغيرهم من الأحمال.

ثانيا: مواقع الموجات التوافقية Locations

من الطبيعي أن تنحصر مواقع الموجات التوافقية في الدوائر المغلقة عليها في الشبكة فمثلا المركبة الصفرية الثابتة تظهر في الدوائر المؤرضة سويا، أي تأريض جهتين بعينهما دون البقية من الدوائر المتلاصقة داخل الشلبكة الواحدة، وهو الأمر المتبع في عزل التيارات الصفرية في الشبكات. إن ذلك يقلل من تيارات القصر بصورة ملموسة، لتكون التيارات دوارة بها هذه النوعية فقط من التيارات التوافقية أو هنا الصفرية. بالمثل نجد أن الموجات التوافقية تدخل في دوائر مغلقة وغيرها من المسببات للظاهرة غير الخطية في نقطتين أساسيتين:

(أ) الملفات ذات التوصيل دلتا Coils in Delta

الملفات ذات التوصيل دلتا تقوم بعزل هذه الموجات بداخلها بالرغم من أن هذه الملفات تتأثر بمرور هذه التيارات بداخلها، ولذلك يتم التصميم بناء علي هذا التواجد. ومن ثم تتحمل هذه الملفات عبء تخليص الشبكة من الموجات التوافقية وهذا ما يحدث مع المحولات ذات الثلاث ملفات ويستفاد منها في تغذية أحمال خارج الشبكة الرئيسية مباشرة.

(ب) تواجد الكورونا Corona presence

خطوط الجهد العالي والفائق والعاملة بجانب تواجد ظاهرة الكورونا بها أثناء سريان القدرة بها وما تسببه من فقد آخر في الطاقة الكلية المتاحة إلا أن هذه الظاهرة لها العديد من الإيجابيات في حالات أخري, غير أن أكثر العيوب عنها هي تشويه الموجة الجيبية فتظهر الموجات التوافقية تلقائيا وبذلك تصبح منبعا لها.

ثالثا: السيطرة علي الموجات التوافقية Control

نحتاج إلي أسلوب علمي للتحكم في هذه الموجات وإخراجها من دائرة التشغيل بقدر الإمكان وقد لا نتمكن من ذلك في كل الأوقات ومع ذلك يلزم يجب أن نزيد من رقعة التحكم في هذه الموجات الضارة ويتم ذلك من خلال القنوات العلمية التالية:

(أ) الإخماد damping

نظرا لأنه عادة تتوجه الدائرة مباشرة إلي أسلوب محاولة إخماد الموجات التوافقية بسرعة، كي تتوقف عن التزايد أو الظهور أو حتي تقل فترة تواجدها علي أسوأ تقدير، وهو أمر هام ويتأسس عليه الكثير من الأعمال الكهربية داخل إطار الشبكة الكهربية.

(ب) العزل isolation

يتم أسلوب العزل ببساطة كما سبق بيانه من قبل بحيث يتم عزل المنطقة أو الدائرة أو خلق جزيرة خصيصا لها بحيث لا تتداخل مع غيرها من الدوائر ذات الصلة أو الاتصال معها.

بالرغم من تلك الأسس العلمية والمتنوعة وتطبيقاتها المنتشرة إلا أنه كان من الأفضل العمل علي عدم ظهور مثل هذه الأحمال التوافقية من الأساس.

رابعا: الطاقة المفقودة في الأحمال التوافقية Loss Harmonic Energy

الأحمال التوافقية غير ضارة بتشغيل الشبكة في أغلب الأوقات مقارنة بقدر ما تمثله من عبء علي الأحمال الكلية فيها حيث أنها تمتص جزءا من الطاقة مما يتسبب عنه فقدا جديدا في الطاقة الكلية كما يظهر من المعادلة:

الطاقة الإجمالية= طاقة مستغلة+ طاقة توافقية+ طاقة غير فعالة + طاقة ضائعة + طاقة مفقودة (27-4)

مما نراه في المعادلة الأخيرة يتضح أن الطاقة التوافقية يجب أن تضاف إلي مجموع الطاقات المفقودة بل ويلزم إدخالها في الحسبان في كل التحليلات الرياضية. تظهر هذه المركبات المختلفة في المعادلة كما وردت علي الشكل رقم 4- 22 ونجد أن الطاقة المفقودة

تنقسم إلي نوعين كما هي محددة في المعادلة:

الطاقة المفقودة = طاقة مفقودة فنيا + طاقة مفقودة إجتماعيا (28-4)

القـــــدرة الفعـــــالة (م.و.)

طاقة ضائعة

الطاقة المستغلة

100 % للتوافق الثالث

الموجات التوافقية الأخرى

منحني الأحمال التوافقية

الشكل رقم 4-22: منحني الأحمال لكل من الحمل الفعلي والأحمال التوافقية

كما أن الطاقة المفقودة الفنية فهي

الطاقة المفقودة الفنية = طاقة فعالة فنيا (I^2RH)+ طاقة غير فعالة (I^2XH) + طاقة توافقية $\Sigma I_h VH$ (29-4)

مادام الحديث عن الطاقة فنشير إلي ما يسمي منحني الكتلة (mass curve) الذي يمثل الطاقة بالميجاوات ساعة مع عدد الساعات اليومية (الشكل رقم 4- 23)، وهي الطاقة المستهلكة يوميا حتى قيمة الحمل لحظة التحديد لأنه نافع جدا للمحطات المائية من أجل قياس معدل سريان الماء rate of water flow لإيجاد التخزين المطلوب. يأخذ منحني التحميل بالنسبة للطاقة شكل قطع زائد (الشكل رقم 4- 24) حيث يتحدد منه قيمة الحمل المتوسط والتي نراها علي الرسم عندما يلتقي المماس للمنحني مع الخط الرأسي عند نهاية الأربعة والعشرين ساعة، وهو منحني هام لمحطات التوليد المائية من أجل تحديد الطاقة بين مستويين مختلفين للحمل ويسمي منحني الطاقة مع الحمل (energy load curve).

الطاقة (م.و. س.)

الحمل (م.و)

الحمل

الزمن 24 ساعة

الطـــــاقة

شكل 4-23 : منحنى الكتلة

شكل 4-24: منحنى طاقة /

هناك من المعاملات المختلفة المتفق عليها في هذا المجال وهي ما نوردها في نهاية هذا الفصل لتكون محددة لها وفي متناول القارئ ونوردها علي الوجه الآتي:

1- القدرة المحجوزة Firm Power

إنها تعني القدرة المحددة للمصنع أو المشترك ومحجوزة له سواء بدأ المصنع في استهلاك الطاقة أم لا ولا يمكن استعمال هذه الطاقة

أو القدرة في أي مكان أخر أو لأي عميل ثان وحتى في أوقات الطوارئ.

2- المخزون البارد Cold Reserve

هي تلك القدرة المتاحة ولكن هذه القدرة ليست عاملة علي الشبكة ولا نستطيع الانتفاع بها إلا بعد التوصيل للشبكة، أي أن المولد جاهز للدخول علي الشبكة بهذه القدرة.

3- المخزون الساخن Hot Reserve

هي تلك القدرة المتاحة من الوحدة لتغذية الشبكة ولكنها غير محملة بها فهي قابعة لحين الحاجة إليها وبالتالي تستطيع العمل وتغذية الحمل مباشرة وتلقائيا بعد توصيلها مع القضبان في الشبكة.

4- المخزون الجاهز Spiring Reserve

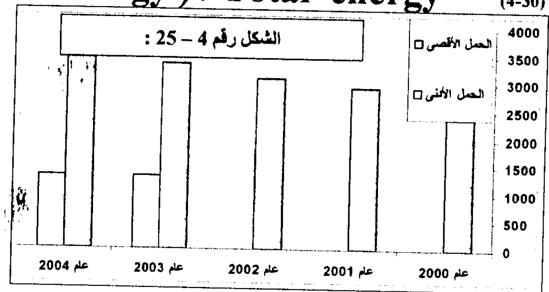
هي تلك القدرة المتاحة من المولد والمتصلة بالقضبان وجاهزة للتغذية فورا، ومن ثم يمكن أن تكون عبارة عن مخزون بارد أو الآخر أي المخزون الساخن.

5- الحمل الموصل Connected Load

الحمل الموصل يعني ذلك الحمل الموصل علي الشبكة فعلا وعاملا وفعالا.

من ناحية أخرى أيضا نجد معاملا يستخدم أحيانا في بعض المراجع وهو ما يسمي معامل الانتقال Transition Factor ويتم التعبير عنه بالصيغة:

$$\text{Transition Factor} = (\text{All Energy} - \text{base energy} - \text{peak energy}) / \text{Total energy} \qquad (4\text{-}30)$$



أما بالنسبة للأحمال بمنحني الأحمال والخاصة بهذه الطاقة فقد جدولت في الشكل رقم 4- 25 (التقرير السنوي 2004 – الشركة العامة للكهرباء - ليبيا). كل هذه الأجزاء قد سبق التعرض لها تفصيلا في ذات الفصل أعلاه. جدير بالذكر أن الشبكة الكهربية الليبية قد سجلت تقدما ملحوظا من قبل الطاقة المنتجة فنري في الجدول تلك الطاقة المستهلكة عامي 2003 و 2004 بما في ذلك التبادل مع دول الجوار كما جاءت في الجدول رقم 4-7.

الجدول رقم 4-7:الطاقة الكهربية (ج و س) بالدولة الليبية

البيان / العام	2000	2001	2002	2003	2004
الطاقة المنتجة	15496	16111	17531	18942	20202
الطاقة المرسلة				16702	17932
الطاقة المتبادلة مع دول الجوار				60	130

تحليل إحصائي لمنحنيات الأحمال
STATISTICAL ANALYSIS

تلعب الأرقام والمعاملات الإحصائية دورا هاما ليس في المجال التنفيذي فحسب بل وفي المجال التخطيطي والتشريعي، فهي الإحصائيات الأساسية التي تخدم كافة المجالات العلمية والعملية والتجارية والإدارية علي قدم وساق وبنفس المستوي والأهمية. تتباين الميادين والأغراض اللازمة للتعامل مع التحليلات الإحصائية من الدراسة والتخطيط إلي التعداد والأعمال التنفيذية أيضا فأصبحت ذات ضرورة ملحة في الأعمال البحثية مؤخرا ويلجأ إليها العلماء في كافة التخصصات، لاستبيان الحقائق العلمية من الملاحظات الكثيرة والجمة كي يصلوا إلي الخلاصة والمفهوم الأساسي لكل من موضوعات الدراسة التي يقومون بها بلْ ولتحديد الأهداف بشكل صريح ومحدد.

جدول رقم 5-1: الأحمال بوحدات (أ) خلال الثلث الأول من شهر سبتمبر 1999

س	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	1320	1320	1300	1140	1000	1220	1380	1180	1220	1280
1	1260	1160	1200	1140	1080	1200	1320	1060	1160	1200
2	1200	1160	1140	1180	1080	1140	1260	1060	1100	1080
3	1140	1160	1100	1120	1040	1100	1240	1040	1040	1080
4	1100	1140	1040	1080	980	1020	1240	1000	1000	1080
5	1040	1060	960	1020	980	980	1200	1000	960	1040
6	1040	1020	900	940	960	980	1200	1000	960	1040
7	1040	1020	900	900	960	980	1000	1000	960	1060
8	1160	1120	920	1020	1120	1060	1040	1060	1100	900
9	1160	1120	1040	1140	1300	1160	1160	1160	1160	980
10	1300	1220	1000	1160	720	1160	1200	1200	1200	980
11	1300	1400	1020	1200	800	1200	720	1220	1220	1000
12	880	1400	1020	1240	760	1300	300	1220	1280	1040
1	820	1360	1060	1260	1400	1300	400	1200	1280	1040
2	780	1400	1060	1320	1380	1260	300	1240	1280	1020
3	820	1340	1060	1260	1420	1360	260	1280	1260	1040
4	820	1280	1060	130	1400	1300	340	1220	1220	1020
5	860	1120	1020	1140	1120	1180	360	1160	1080	1020
6	860	1200	1020	1180	1120	1180	60	1160	1080	160
7	860	60	1180	1180	40	1360	40	1180	120	120
8	1080	80	1260	20	160	1380	00	1300	160	60
9	1000	260	1200	00	160	1480	40	1300	1000	100
10	1000	160	1200	40	1240	1480	40	1300	1000	00
11	1000	1380	1200	1040	1220	1340	1040	1300	1240	1180

تقوم الأعمال الإحصائية - كما ذكر الآن - بالتحليل الواضح لكل الموضوعات ذات الطابع عديد القراءات وتزداد أهميتها مع تنوع هذه

القراءات ولهذا تأخذ الدراسات الإحصائية مكانا بارزا في مجال منحنيات الأحمال، وهي تلك القراءات ذات الطابع غير الثابت والمتنوع بجانب أنه ظهور العديد من القراءات. يجب الاعتماد علي بيانات مختصرة صحيحة من وجهة النظر العلمية وتعطي القيمة المناسبة لكل الأرقام الكثيفة كي تصبح الأرقام أكثر فهما وأصلح من الناحية الرياضية. إن ذلك ضروريا للتعامل معها في أية موضوعات أخري فتكون أقل عددا وأفضل وضوحا لمزيد من الرؤية والنفع في أعمال التخطيط والتصميم خصوصا في مجال الشبكات الكهربية.

جدول رقم 5- 2: الأحمال بوحدات (أ) خلال الثلث الثاني من شهر سبتمبر 1999

20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	س
1480	1420	1140	1380	1400	1320	1400	1240	1380	1200	12
1260	1120	1220	1360	1380	1220	1280	1180	1360	1200	1
1160	1220	1160	1260	1260	1220	1240	1140	1240	1200	2
1100	1120	1160	1180	1260	1060	1120	1080	1240	1140	3
1060	1040	1160	1080	1140	1060	1060	1060	1160	1060	4
1060	1180	1160	1080	1060	1040	1060	1060	1080	1020	5
1040	1140	1160	1100	1060	1040	1060	1060	1080	1020	6
1040	1080	1160	1020	1060	1040	1060	1060	1080	920	7
1140	1140	1160	1020	1180	1160	1060	1100	1140	1120	8
1320	1280	1260	1080	1180	1220	1160	1160	1220	1260	9
1320	1400	1260	1100	1180	1240	1280	1220	1300	1320	10
1300	1360	1240	1080	1260	1320	1280	1240	1280	740	11
1360	1320	1240	1040	1320	1360	1300	1260	1300	700	12
1360	1240	1200	1060	260	1360	1220	1260	1340	760	1
1360	1340	1300	1080	260	1300	1360	600	1380	640	2
1360	1340	1300	1080	80	1320	1380	600	1300	1300	3
1300	1460	1300	1040	120	1300	1400	1300	1200	1260	4
1240	1380	1280	1020	20	1180	1260	1200	1160	1180	5
1220	1280	1730	1040	80	1240	1260	1200	1200	1180	6
1220	1320	90	120	100	120	60	1200	140	60	7
1220	1340	90	20	00	120	160	20	40	20	8
1420	1420	90	20	40	20	160	20	40	20	9
1360	1280	90	120	80	40	20	20	400	20	10
1340	1280	1190	1220	1360	1320	1300	1340	1280	1360	11

5-1: القراءات الإحصائية Statistical Measurements

منحنيات الأحمال معروفة بالتغير الدائم وعدم ثبات القيمة اللحظية علي كل المحاور سواء كانت بالنسبة لليوم الواحد أو علي مدار الأسبوع أو حتى الشهر الواحد وهي ليست قيما ثابتة أيضا علي مدار العام كما أنها تتغير تلقائيا علي مدار اليوم نفسه وبذلك يصعب ذكر منحنيا محددا علي وجه الدقة من بينهم جميعا لكي يمثل حالة الحمل في موقع ما بالشبكة أو بصورة إجمالية للأحمال فيها، ومن هنا أصبحت منحنيات الأحمال عبارة عن قراءات عديدة ولكنها إحصائية الطابع ولهذا فإنها تحتاج إلي التقييم الإحصائي عند دراستها

وبالأسس الإحصائية للاعتماد عليها في كل النتائج التي ستدخل فيها مستقبلا وكي تكون بالدقة المناسبة لهذه الأعمال.

هكذا واستكمالا للقراءات التي وردت من قبل في الفصل الثالث (جداول رقم 3-5 ورقم 3 – 6 ورقم 3 - 7) نضع أحمال الشهر التالي (سبتمبر 1999) لذات الموقع كما ندونها في الجداول رقم 5-1 ورقم 5 – 2 ورقم 5 - 3 وهي محددة بقيمة الأمبير وذلك من أجل مضاعفة الفترة الزمنية للدراسة والتحليل الإحصائي فتصبح علي مدار 60 يوما بدلا من شهرا.

فيقدم الجدول رقم 5 - 1 العشرة أيام الأولي من الشهر بينما يأتي الجدول رقم 5 - 2 بالثلث الثاني من الشهر ذاته فيليه الجدول رقم 5 - 3 بباقي أيام الشهر، ويظهر جيدا من هذه القراءات أنها متباينة إلي حد كبير، وأنها غير تكرارية فكل منها يختلف عن الآخر. من ثم إذا رغبنا في تحديد أيهم الذي يصلح لتمثيل المجموعة الكلية لمنحنيات الأحمال سيكون الأمر عسيرا خصوصا وأنه سيظهر خلال العام الواحد 365 منحنيا مختلفا ولكل منهم القراءات الذاتية ولهذا تكون المعاملات المحددة لشكل المنحني وهي التي سبق شرحها من قبل غير دقيقة بالمعني الشامل بينما هي دقيقة لكل منحنى علي حدة.

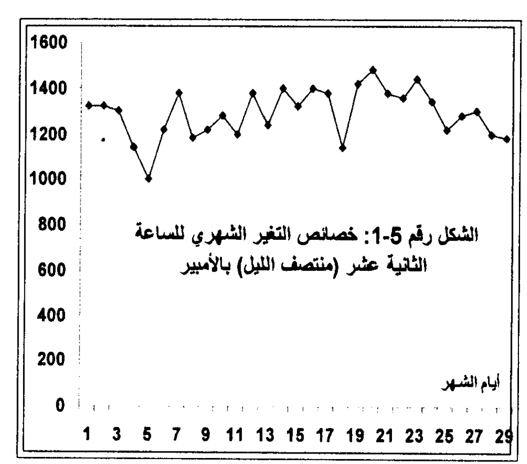
جدول رقم 5- 3: الأحمال بوحدات (أ) خلال الثلث الثالث من شهر سبتمبر 1999

س	21	22	23	24	25	26	27	28	29
12	1380	1360	1440	1340	1220	1280	1300	1200	1180
1	1300	1280	1180	1180	1160	1160	1220	1080	1120
2	1220	1220	1120	1120	1060	1040	1140	1000	1040
3	1120	1160	1060	1080	1060	1000	1080	980	980
4	980	1080	1060	1080	1080	940	980	940	980
5	1000	1060	1060	1040	960	900	960	920	980
6	1000	1080	1120	960	960	940	980	980	980
7	1040	1060	1100	1040	1000	940	1000	1040	1000
8	1220	1100	1160	980	1060	1100	1060	1000	1120
9	1220	1180	1180	980	1100	1100	1120	1040	1120
10	1280	1240	1220	1040	1260	1180	1180	1040	1320
11	1280	1240	1220	1080	1360	1180	1180	1200	1200
12	1240	1240	1420	1120	1360	1180	1280	1200	1160
1	900	1180	1340	1080	1360	1180	1280	1200	1180
2	900	1180	1340	1040	1360	1200	1280	1200	1360
3	1060	1200	1340	1040	1260	1220	1220	1200	1400
4	1060	1200	1300	1040	1360	1220	1220	1200	1400
5	480	1200	1240	980	1140	1120	1140	1200	1340
6	400	1280	1280	980	1160	1100	1140	1220	1360
7	580	1340	1400	1120	1320	1240	1340	1240	180
8	520	1400	1400	1260	1380	1340	1300	1320	00
9	520	1420	1320	1200	1400	1300	1260	1280	00
10	340	1420	1320	1220	1320	1240	1300	1280	00
11	1360	1340	1260	1240	1360	1240	1260	1240	1240

في الدراسات المستقبلية والتخطيطية يحتاج المهندس المصمم إلي كل البيانات بشكل دقيق وبالرغم من دقة القراءات كل علي حدة إلا

إننا في حاجة ماسة للرؤية الهندسية لها جميعا في شكل موحد وليس لليوم أو الشهر أو العام بل علي مدار عمر الشبكة ككل، ولهذا كان لزاما أن نتعرض لبعض الملامح الرئيسية لمنحنيات الأحمال بالأسلوب المعبرعنها كمجموعة منحنيات معا وهو ما سوف نسترسل فيه في البنود القادمة.

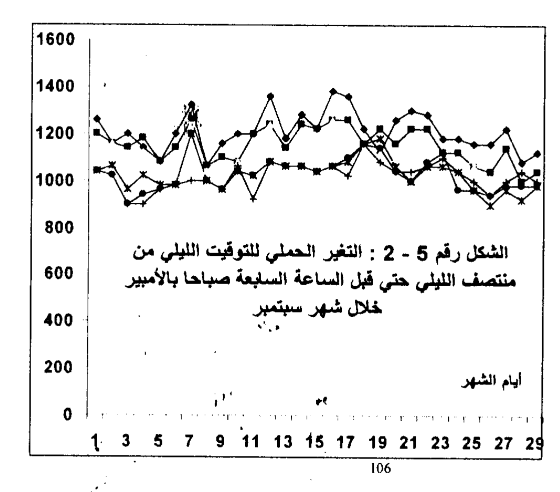
تعتمد الدراسة الإحصائية علي نمط التغير الشائع بين القراءات المختلفة مما يدعوا إلي المزيد من التفصيل في جوهر القراءات المتخذة كنموذج للدراسة فنجد أن الشكل رقم 5 – 1 قد أدرج التغير القيمي لذات التوقيت خلال الشهر كاملا (30 يوم) وهو شهر سبتمبر حيث كانت القراءات مسجلة بالأمبير مع الإعتداد بالفارق بين التعامل من خلال الأمبير والقدرة الفعالة بالوات.



الشكل رقم 5-1: خصائص التغير الشهري للساعة الثانية عشر (منتصف الليل) بالأمبير

يتضح من الشكل أن التغير متأرجح بشكل غير منتظم ولكن من الملاحظ أيضا أن معامل التشتت عن المتوسط ليس كبيرا لأن التقارب بين القراءات واضحا من هذا الشكل.

بنفس الأسلوب نضع في الشكل رقم 5 – 2 هذا التغير ولكنه ليس لساعة بعينها بل طوال ساعات الليل من الساعة الواحدة وحتي السادسة صباحا، أي قبل بدء يوم العمل العادي وهو ما يظهر التداخل في القراءات نتيجة التماثل الحملي لخصائص المستهلكين لأنه وقت الراحة والنوم العادي بالنسبة لأفراد الشعب.

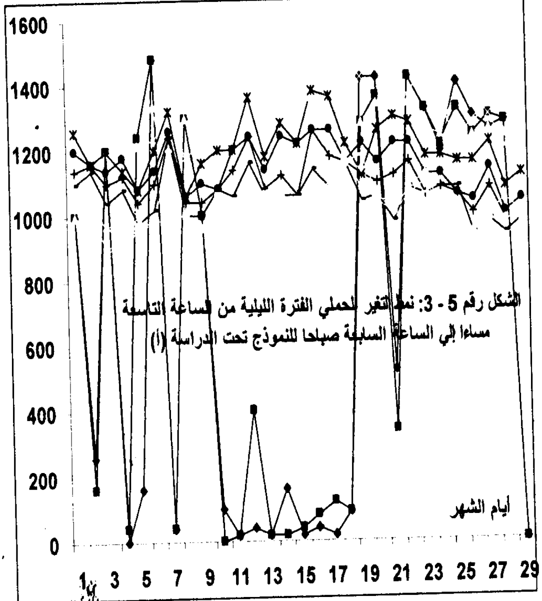


الشكل رقم 5 - 2 : التغير الحملي للتوقيت الليلي من منتصف الليلي حتي قبل الساعة السابعة صباحا بالأمبير خلال شهر سبتمبر

بالرغم من ذلك نجد أنه إذا ما خرجنا إلي النطاق الأوسع لفترة الليل إعتبارا من التاسعة مساءا وحتي السابعة صباحا الساعة فنري هذا التغير في الشكل رقم 5

– 3 حيث يتسع الفارق النسبي بين القراءات المسجلة في العينة محل الدراسة.

من هذا الشكل نستطيع أن نتعرف علي نمط التغير إذا ما كان هناك عطلا كهربيا قد تسبب في قطع التيار الكهربي عن هذا الموقع بالمدينة أو قد يكون ذلك نتيجة لإجراء أعمال الصيانة الروتينية لهذا الموقع الكهربي أو المغذي أو بعض المغذيات ذات الإرتباط معا. يؤكد ذلك أن باقي القراءات قد جاءت متقاربة معا بينما هناك الساعتين المتتاليتين بالقراءات الصفرية أو قريبة من الصفر.



الشكل رقم 5 - 3: نمط التغير الحملي الفترة الليلية من الساعة التاسعة مساءا إلي الساعة السابعة صباحا للنموذج تحت الدراسة (أ)

الشكل رقم 5 – 4 يعرض التغير الحملي لوقت الذروة لذات الشهر ونفس الموقع، حيث نجد أن التغير متقارب غالبا ولكنه ظهرت بعض القراءات غير المنتظرة ولهذا نجد أن الدراسات الإحصائية تضع هذا الحدث في الحسبان ودائما ما نقوم بإلغاء أكبر قراءة وأقلهم – نتيجة عدم الموثوقية الطبيعية في القراءة- كي نقترب من الحقيقة دائما. إنطلاقا من هذا يتم الحساب لباقي القراءات ولكننا هنا نستعرض طبيعة التغيرات الحملية زمنيا وبالقيمة أيضا حتي نقف علي أهم المعاملات المؤثرة في الأحمال الكهربية من أجل وضع التخطيط والتصميم السليم للمدن أو المواقع السكنية والصناعية أيضا. . جدير بالذكر أن هذه الفترة الزمنية النهارية قد بدأت في السابعة صباحا وإنتهت في الساعة الخامسة مساءا، أي قبل بدء الذروة في الأحمال موضوع الدراسة المقدمة من هذا الكتيب.

من الجهة الأخري قد جاء الشكل رقم 5 – 5 بالتغير الحملي خلال الشهر في التوقيت الزمني منتصف النهار مع منتصف الليل حيث يبين تقارب التغير نتيجة التحميل العالي بصفة دائمة لأن طراز العينة وطابعها هو الحمل التجاري كأكبر قطاع مؤثر في التحميل القياسي. علي الجانب الآخر تمثل القراءة المتدنية ما يعبر عن فصل حملي لأحد المغذيات أو البعض سواء قصرا أم لغرض إجراء الصيانة علي مكونات الشبكة الكهربية.

2-5: الحمل المتوسط Average Load

أول المعاملات الهامة المعبرة عن منحنيات الأحمال يأتي الحمل المتوسط، وحتى نستطيع الحصول علي هذه القيمة بشكل مجمل ودقيق لا بد من إتباع الأسس الإحصائية حيث نجد نوعين من الحمل المتوسط Average Load، أما عن النوع الأول فهو ذلك الذي يأخذ كل القراءات جميعا (X_i) لكل الفترة تحت الدراسة وعددها (N) قراءة ويتم حساب القيمة المتوسطة (μ) والمعروفة

باسم Population Mean وهي ما تعرف في لغة منحنيات الأحمال باسم الحمل المتوسط لها مباشرة وهي تتبع المعادلة:

$$\mu = [\Sigma X_i] / N , (i=1,\ldots,N) \quad (5\text{-}1)$$

الشكل رقم 5- 4: التغير الحملي في الفترة النهارية خلال الشهر بالأمبير

هذا يعني أن جميع القراءات تدخل في الحساب تماما وبذلك تكون النتائج دقيقة تماما، ولا يكفي هذا المتوسط بمفرده حيث يجب أن يتحدد علاقته بباقي القراءات ولذلك نحتاج إلي المعامل الإحصائي لتحديد مدى التشتت بين المتوسط وباقي القراءات ويأتي أولهم ما يعرف باسم المتغير Variance ويعطي بالصيغة:

$$S^2 = \Sigma [X_i - \mu]^2 / N , (i=1,\ldots,N) \quad (5\text{-}2)$$

من هذا المعامل نحصل علي المعامل الموضح لعلاقة المتوسط مع باقي القياسات *Measurements* حسب الأحوال وهو ما يعرف بالانحراف القياسي *Standard Deviation* والذي نحصل علية من خلال الجذر التربيعي للمعامل السابق في الصورة:

$$S = \sqrt{\Sigma [X_i - \mu]^2 / N} , (i=1,\ldots,N) \quad (5\text{-}3)$$

أما عن النوع الثاني وهو الأكثر شيوعا لسهولة التعامل معه من الناحية الإحصائية من جهة ولبساطة الحصول علي القراءات من الجهة الأخري وبعددها القليل، وهو ذلك النوع المتبع وما سوف نتناوله في السطور الباقية. ذلك أنه يجب أن يتم أخذ عينة من القراءات جميعا Sample تمثلها وتكون أقل عددا فعددها (n) بدلا من (N)، وبهذا تكون القيمة المتوسطة Sample Mean (X) :

$$X = [\Sigma X_i] / n , (i=1,\ldots,n) \quad (5\text{-}4)$$

أيضا كما سبق بالنسبة للقياسات الكاملة نحتاج إلي المعامل الآخر الذي يكمل الوصف الدقيق رياضيا وهو نفس المعامل السابق إلا أنه في هذه الحالة تكون القسمة في المقام علي عدد النماذج منقوصا منها الواحد الصحيح وهي عملية إحصائية نتيجة أخذ العينات وتكون المعادلة الحاكمة للمتغير Variance هي:

$$\sigma^2 = \Sigma [X_i - X]^2 /(n-1) , (i=1,\ldots,n) \quad (5\text{-}5)$$

هكذا نستطيع أن نحصل علي الانحراف القياسي Standard Deviation لعدد n عينة في الشكل:

$$\sigma = \sqrt{\Sigma [X_i - \mu]^2 / (n-1)} , (i=1,\ldots,n) \quad (5\text{-}6)$$

جدول رقم 5- 4: الأحمال في الأسبوع الأول من شهر اغسطس 1999 بوحدات (أ)

8/7	8/6	8/5	8/4	8/3	8/2	8/1	ساعة
1180	940	1240	1240	1280	1260	1280	12
1140	1220	1300	1280	1300	1220	1260	1
1080	1180	1280	1260	1220	1120	1280	2
1020	1100	1180	1160	1140	1080	1240	3
980	1060	1080	1080	1100	1100	1280	4
980	1080	1080	1020	1020	1100	1160	5
1000	1040	1060	1020	920	1080	1080	6
1040	1000	1060	1020	920	1020	1040	7
1060	920	1120	1120	980	1260	1040	8
1160	980	1140	1140	1040	1140	1060	9
1200	1000	1160	820	1040	1220	1180	10
640	1000	1240	820	720	1340	1320	11
640	1080	1240	800	720	1340	1320	12
640	1120	1320	1260	720	1340	1260	1
1280	1120	1280	1240	1180	1340	1260	2
1300	1120	1400	1400	1180	1300	1280	3
1280	1000	1400	1380	1180	1120	1280	4
1160	1000	1320	1300	1160	1120	1120	5
1160	1000	1180	1300	1160	1120	1140	6
60	1040	1200	1280	1180	1080	1120	7
120	1100	1400	1260	1200	1200	1140	8
120	1140	1340	1420	1260	1400	220	9
21	1180	1300	1280	1260	1340	320	10
1340	1180	1300	1280	1300	1340	320	11

بهذه المعادلات سوف نستعرض المعاملات الإحصائية لمجموعة القراءات السابقة والتي نضع منها تلك المحددة في الجدول رقم 5-4 حيث نضع عليها الشرح المناسب لما سبق ذكره من معادلات.

بالنسبة للحمل المتوسط الناتج عن منحنيات الأحمال يمكننا أن نضعهما في عدة أشكال متباينة كما جاءت بعضا من هذه القراءات. في الجدول رقم 5- 4 حتى نستطيع أن نكمل الحسابات والتطبيقات علي النحو المفصل لاحقا وعلي النحو التالي:

أولا: المتوسط اللحظي Instantaneous Mean

إذا بدأنا بالمتوسط اللحظي للقراءات الواردة في الجدول رقم 5- 4 وكي نحصل علي قيمة المتوسط اللحظي لكل ساعة علي منحني الأحمال فعلينا استخدام المعادلة رقم 5-I حيث نعتبر أن القراءات جميعا هي المجموعة الكلية للقياسات المطلوبة للدراسة الإحصائية وعليه نحصل علي كل قراءة متوسطة في كل توقيت والقراءات المدونة هي بعد التقريب الرياضي لعدد الخانات المتاحة تسجيلا وهي تحتوي علي خطأ التقريب، ومع ذلك فنري المتوسط اللحظي لكل توقيت لمجموع المنحنيات السبعة بشكل مبسط وواضح.

كما أننا نستطيع الحصول علي القراءات اللحظية للمتوسط اللحظي لمجموعة منحنيات بعينها دون ترتيب متسلسل أو بترتيب مثل ما

جاء في الجدول رقم 5-1 فنحصل علي المتوسط اللحظي لهذه القراءات كلها في الجدول رقم 5- 6.

كما نجد أن هذا المتوسط الحملي لا يتباعد (لا تشتت) خلال الأيام السبعة المتتالية كاسبوع متكامل من شهر اغسطس، حيث نري التباين بصورة أضيق نطاقا، لهذا نري في الشكل رقم 5 -6 التذبذب في المتوسط . من الجهة الأخري نجد أن المتوسط الحملي قد جاء منخفضا عندما إنتقلنا إلي الثلث الأول من الشهر مما يتضح معه أن الأيام الثلاثة التالية قد دخلت بأحمال أقل من تلك السابقة كما ظهرت في الشكل رقم 5 – 6.

الشكل رقم 5 - 5: التغير الحملي لكلا من منتصفي النهار والليلي بالأمبير

يمكننا إيجاد المتوسط اللحظي لمنحنيات الأحمال لأيام الأحد خلال شهري أغسطس وسبتمبر 1999 والواردة بالفصل الثالث وهذا الفصل لتكون علي الشكل الوارد في الجدول رقم 5- 7.

جدول رقم 5- 5: الأحمال المتوسطة بوحدات (أ) للأسبوع الأول من شهر اغسطس 1999

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7
متوسط	1202.8	1245.7	1202.8	1131.4	1097.1	1062.8	1028.5	1014.2
ساعة	8	9	10	11	12	1	2	3
متوسط	1071.4	1094.2	1088.5	1011.4	1020	1094.2	1242.8	1282.8
ساعة	4	5	6	7	8	9	10	11
متوسط	1234.2	1168.5	1151.4	994.2	1060	985.7	957.1	1151.4

جدول رقم 5- 6: الأحمال المتوسطة اللحظية بوحدات (أ) للثلث الأول من شهر سبتمبر 1999

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7
متوسط	1236	1178	1140	1106	1068	1024	1004	982
ساعة	8	9	10	11	12	1	2	3
متوسط	1050	1138	1114	1108	1044	1112	1104	1110
ساعة	4	5	6	7	8	9	10	11
متوسط	979	1006	902	614	550	654	746	1194

جدول رقم 5- 7: الأحمال المتوسطة اللحظية بوحدات (أ) لأيام الأحد خلال شهري أغسطس وسبتمبر 1999

ساعة	12	1	2	3	4	5	6	7	8
متوسط	1304.4	1237.7	1168.8	1120	1062.2	1035.5	1044.4	1287.5	1113.3
ساعة	9	10	11	12	1	2	3	4	5
متوسط	1191.1	1204.4	1224.4	1251.1	1273.3	1273.3	1297.7	1288.8	1146.6
ساعة	6	7	8	9	10	11			
متوسط	1144.4	973.3	762.2	546.6	655.5	753.3			

أما بالنسبة للنوع الثاني من الإحصاء وهو فيما لو اعتبرنا أن هذه القيم في الثلاث جداول السابقة هي عبارة عن مجرد عينة من مجموع المنحنيات السنوية مثلا نحصل علي القيمة المتوسطة للمتوسط اللحظي تبعا للمعادلة رقم 5-4 وهو ما نحصل بنفس القيم السابقة دون أدني اختلاف.

ثانيا: المتوسط اليومي Daily Mean

نأتي إلي المتوسط اليومي لمنحني الأحمال وهو المعروف باسم الحمل المتوسط وهو من الناحية الإحصائية يتحدد بالمعادلة رقم 5-1 أيضا لمجموع القراءات جميعا لكل يوم علي حدة فنجد بالنسبة لقراءات الجدول رقم 5- 4 أن المتوسط اليومي للأحمال هو ما جاء في الجدول رقم 5- 8 حيث تحدد كل قيمة يومية بالمعادلة رقم 5-1 أو 5-4 حيث أن الفارق في اعتبارهم عينة من القراءات أم أنهم جميعا هذه القراءات التي تدرس.

متوسط الحمل لثلث الشهر

متوسط الحمل الأسبوعي

أيام الشهر

الشكل رقم 5 - 6: المنحني الحملي في أجزاء شهر أغسطس بالأمبير

جدول رقم 5- 8: الأحمال المتوسطة اليومية بوحدات (أ) للأسبوع الأول من شهر أغسطس 1999

اليوم	1	2	3	4	5	6	7
متوسط	1035	1215	1090.8	1131.6	1242.5	1066.6	900

وهو لمدة 7 أيام فنجد عدد القراءات هي (7 × 24 = 168) أي أن عدد القراءات هو 168، وبالتالي نحصل علي قراءة واحدة لمجموع المنحنيات كلها معا وهي 1108.2 (أ) إذا رغبنا في تحديد الحمل المتوسط لهذه القياسات كلها معا وهو المعبر عنهم بدقة تامة وبالمثل بالنسبة لشهر سبتمبر 1999 نجدولها تبعا للمعادلتين رقم 5-1 أو رقم 5-4 أيضا في الجدول رقم 5- 9. حيث أن يوم 29 من ذات الشهر قد كان بمتوسط يومي قدره 985 (أ) والجدول يعطي باقي القراءات المحسوبة.

جدول رقم 5- 9: الأحمال المتوسطة اليومية بوحدات (أ) لشهر سبتمبر 1999

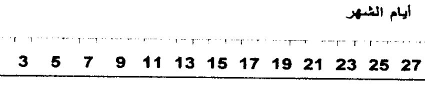
اليوم	1	2	3	4	5	6	7
متوسط	1035	1039.1	1077.5	952.1	976.6	1213.3	714.1
اليوم	8	9	10	11	12	13	14
متوسط	1160.4	1045	855	904.1	1055.8	1192.5	1039.1
اليوم	15	16	17	18	19	20	21
متوسط	1025.8	755.8	942.1	1047.5	1270.8	1251.2	975
اليوم	22	23	24	25	26	27	28
متوسط	1227.5	1245	1093.3	1210.8	1143.3	1175.8	1133.3

جدير بالذكر أن هذه القراءات جميعا يمكننا أن نضعها بصورة مبسطة فالجدول رقم 5- 9 قدم قراءة تنيب عن كل 24 قراءة في منحنيات الأحمال وبالتالي أيضا يمكننا تحويل كل هذه القراءات طوال الشهر إلي قيمة واحدة متوسطة تعبر عن منحنيات الأحمال للشهر كله وفي هذه الحالة عدد القراءات هو 696 قراءة ويكون المتوسط هو 1062.5 (أ). أنه بذلك يشير إلي عددا واحدا بدلا من 696 رقما مما يقدم بجلاء المعنى للقيمة المتوسطة للحمل، إلا أنه غير كاف من الناحية العلمية لتواجد متغيرات بين القيم وكل هي قريبة كلها من هذه القيمة أم لا. هذا القرب أو البعد عن القيمة المتوسطة يحتاج معه حساب الانحراف القياسي السابق وضعه في صورة معادلة تبعا للمعادلة رقم 5- 3 بالنسبة للقياسات الكلية أو المعادلة 5-6 بالنسبة للعينات التي تمثل القياسات الكلية.

وهي 10 أيام لها عدد قراءات يساوي 240 قراءة وبالتالي نستطيع الحصول علي المتوسط اليومي لمجموع القراءات كلها بالطريقة الإحصائية ويكون الناتج هو 1006.8(أ) وهو الرقم الممثل لكل القراءات سواء كانت عينة من قراءات شاملة أم هي ذاتها كل القياسات.

إن الشكل رقم 5 – 7 يقدم الأحمال المتوسطة (منحني الحمل الشهري المتوسط) عن شهر سبتمبر لهذه الأحمال تحت الدراسة.

حيث يظهر التفاوت أكثر قليلا من ذلك في الشهر السابق وهو ما يعني التشتت حول الحمل المتوسط العام عن الشهر والذي يمثله متوسط هذه القراءات.



الشكل رقم 5 - 7: منحنى الأحمال المتوسطة الشهري لشهر سبتمبر بالأمبير

كما أنه يمكن تحديد متوسط الحمل اليومي لعدد من الأيام مثل ما ورد في الجدول رقم 5- 10 حيث يعرض الحمل المتوسط اليومي لبعض الحالات التي يتم فيها الأيام أما بنوع محدد أو بأسلوب عشوائي.

جدول رقم 5- 10: الأحمال المتوسطة اليومية بوحدات (أ) لبعض الحالات المجمعة لأيام محددة

الحالة	أسلوب الاختيار	المتوسط اليومي	عدد القراءات
أيام 1 ، 20 ، 23 / 9	عشوائي	1126.6	72
أيام 1 ، 7 ، 25 / 8	عشوائي	1124.7	72
أيام 3 ، 17 ،26 / 8	عشوائي	1063.03	72
أيام 1 ، 8 ، 15 ، 22 ، 29 / 8	أيام الأحد	981.98	120

كما أنه ويجب تحديد معامل الانحراف القياسي فنأخذ بعض الحالات التي سبق تحديد المتوسط لها للحالتين المتوسط اللحظي أو اليومي ونجدول النتائج في الجدول رقم 5- 11، وفي هذه الحالات تم أخذ الأسلوب العشوائي للاختيار إذا ما اعتبرت أنها عينات أو يمكن أن نأخذها كقراءات متكاملة وشاملة نحتاج لدراستها ولذلك نجد أننا بحاجة إلي معاملات تعبر عن التشتت Dispersion بين القراءات جميعا والقراءة المتوسطة ومنها المعامل (S) الذي يعني أن هذه هي القراءات جميعا بينما المعامل (σ) يشير إلي أخذها عينات لقياسات شاملة وعمومية، والفارق بينما أنه في حالة العينات معامل الانحراف أكبر قليلا ويقل الفارق بين معاملي الانحراف كلما زادت القراءات الداخلة في الحساب حيث ظهرت النسبة بين معاملي الانحراف في العامود الأخير لتظهر أنها تضاءلت عندما كانت القراءات بعدد 24 نسبة إلي العدد 7.

جدول رقم 5- 11: معاملي الانحراف لبعض الحالات

النسبة (σ/ S)	معامل الانحراف (σ)	معامل الانحراف (S)	المتوسط (μ)	عدد قراءات (N)	الحالة
1.11	35.12	31.61	1236	10	منتصف الليل الثلث الأول من سبتمبر
1.16	42.53	36.46	1282.85	7	الحمل الأقصى 3 ص لأيام 1- 7 /8
1.16	223.23	191.34	957.14	7	الجمل الأدنى 10 م في1- 8/7
1.04	67.14	64.35	1035	24	يوم كامل (1/ 8 / 99)

ثالثا: المتوسط الأسبوعي Weekly Mean

ننتقل إلي المدى الأوسع في جمع القياسات لنفس المنحني من الناحية النوعية ومن ثم ندخل في إطار الأسبوع أو أكثر فنجد أننا أمام مجموعة أو مجموعات متنوعة في البيانات ومتداخلة أو متباعدة في أحيان أخري ولهذا نعتمد علي أسلوب المجموعات الإحصائية في التوصل إلي المعاملات الإحصائية التي تخص البيانات ككل فنجد أن القيمة المتوسطة للمجموعة Grouped Mean وهو بالرمز X_g يعطى بالمعادلة:

$$X_g = [\Sigma f \ M \ ]/ \ n = [\Sigma f \ M \ ] /\Sigma f \qquad (5\text{-}7)$$

جدول رقم 5- 12 : النتائج الإحصائية لمجموعات الأسبوع الأول من أغسطس 1999

1420 -1221 class 7	-1021 1220	-821 1020	-621 820	-421 620	420-221	220-21 class 1	بيان
11	10				2	1	8/1
10	13	1					8/2
5	12	4	3				8/3
14	4	3	3				8/4
14	10						8/5
	14	10					8/6
4	9	4	3			4	8/7
58	72	22	9	صفر	2	5	frequency f التردد
168	110	38	16	7	7	5	تردد تراكمي *cumulative frequency*
1320.5	1120.5	920.5	720.5	520.5	320.5	120.5	median وسط
76589	80676	20251	6484	صفر	641	602.5	f M
101135.7	90397.4	18641	4672	صفر	205.4	72.6	$f M^2$

حيث نجد أن M تعبر عن المتوسط لكل مستوي في المجموعة بينما f تعبر عن عدد القراءات داخل هذا المستوي وأما n فتعني عدد القياسات الأجمالي، ومن ثم نستطيع الحصول علي الحمل المتوسط لمجموعة كبيرة من القياسات والممثلة لمنحنيات الأحمال علي مدار كبير مثل الأسبوع أو أكثر، كما أننا بحاجة إلي تحديد الوسط Median الذي يتبع الصيغة:

$$Median = L_{md}+C[\ n/2 - F]/ \ f_{md} \qquad (5\text{-}8)$$

حيث L_{md} تعني الحد الأدنى للمستوي المتوسط، F تعني القيمة التراكمية للمستوي السابق عن المستوي المتوسط و الرمز f_{md} يعني العدد من القراءات والواقع في المستوي المتوسط وأخيرا C تمثل مدي كل مستوي، بالإضافة إلي أنه عادة ما نحتاج إلي تحديد

المجال النمطي الذي تقع فيه مجموعة القراءات والتي تعرف باسم group mode وهي ما تعطي رياضيا بالمعادلة:

$$\text{group mode} = L_{mo} + C\, D_a / [D_b + D_a] \qquad (5\text{-}9)$$

حيث L_{mo} تعني الحد الأدنى للمستوي المتوسط بينما D_b تمثل الفرق بين عدد القراءات في كل من المستوي المتوسط والمستوي التالي أما D_a فتمثل الفرق بين عدد القراءات في المستوي المتوسط والمستوي السابق له. أما عن معاملات التشتت في هذه الحالة فإنها تتحدد معامل الانحراف Standard Deviation علي النحو:

$$S = \sqrt{\Sigma[f M^2 - n X^2]/(n-1)} \qquad (5\text{-}10)$$

جدول رقم 5- 13: الأحمال اليومية (الأحد) تكراريا في شهري أغسطس وسبتمبر 1999

26	19	12	5	29	22	15	8	1	س
1280	1420	1380	1000	1360	1360	1360	1300	1280	12
1160	1120	1360	1080	1280	1300	1340	1240	1260	1
1040	1220	1240	1080	1120	1240	1160	1140	1280	2
1000	1120	1240	1040	1060	1220	1100	1060	1240	3
940	1040	1160	980	1000	1220	960	980	1280	4
900	1180	1080	980	1000	1080	960	980	1160	5
940	1140	1080	960	940	1080	960	980	1080	6
940	1080	1080	960	940	980	960	980	1040	7
1100	1140	1140	1120	1000	1280	1080	1120	1040	8
1100	1280	1220	1300	1000	1320	1220	1220	1060	9
1180	1400	1300	720	1260	1340	1220	1240	1180	10
1180	1360	1280	800	1260	1340	1220	1260	1320	11
1180	1320	1300	760	1460	1400	1280	1240	1320	12
1180	1240	1340	1400	1400	1420	1000	1220	1260	1
1200	1340	1380	1380	1240	1420	1000	1240	1260	2
1220	1340	1300	1420	1240	1420	1080	1380	1280	3
1220	1460	1200	1400	1240	1280	1100	1420	1280	4
1120	1380	1160	1120	1160	1280	560	1420	1120	5
1100	1280	1200	1120	1280	1240	600	1340	1140	6
1240	1320	140	40	1160	1240	1160	1340	1120	7
1340	1340	40	160	1120	160	200	1360	1140	8
1300	1420	40	160	1500	100	120	60	220	9
1240	1280	400	1240	1260	00	100	60	320	10
1240	1280	1280	1220	1260	40	120	20	320	11

حيث أن X هي القيمة المتوسطة وفي حالة منحنيات الأحمال فانها تعبر عن الحمل المتوسط.

بهذا الأسلوب نأخذ مثالا للأسبوع الأول من شهر أغسطس (الجدول 5- 4) ونتعامل معه بصورة المجموعات الإحصائية فنجد النتائج

واردة في الجدول رقم 5- 12 يعد تحديد القراءة الدنيا وهي 21 وقابعة اليوم السابع عن الساعة العاشرة مساءا وكذلك القراءة العظمي وهي 1420 في اليوم الرابع في الساعة التاسعة مساءا فتتحدد اختياريا عدد المستويات أو بالمعني الأصح مدي المستوي وقد تحدد 200 بينما عدد القراءات الإجمالي هو 168.0 ومن ثم نحصل علي البيانات التي سجلت في الجدول.

بعد ذلك نحصل علي الحمل المتوسط بالمعادلة رقم 5-7 بقيمه 1102.6428 بينما الإنحراف الكلي (المعادلة رقم 5-10) بمقدار 65068.502 حيث الأرقام مقسومة علي 100 ومن ثم يصبح معامل الإنحراف بالقيمة 255.08528 - كما سجل بالجدول التردد التراكمي Cumulative Frequency وهو ما يعتبر معاملا هاما في الحسابات الاحصائية - أما عن الوسط Median فيتم حسابه علي النحو:

$$\text{Median} = 621 + 200\,[(168 / 2 - 7) / 16] = 621 + 962.5 = 1583.5$$

أما مجال النمط Mode فنجده بالطريقة المماثلة رياضيا بالصيغة:

$$\text{Mode} = 621 + 200\,[\,9 / (9 + 22)\,] = 679.0645$$

إذا نظرنا إلي الطابع الشعبي في التعامل من حيث السلوك اليومي نأخذ أيام الأحاد في الفترة المحددة في الجدول ونضعها في شكل منحنيات الأحمال مما توضح لنا (الشكل رقم 5 - 8) كيفية التغير أو نمط التحميل الخاص بالمدينة أو بهذا القطاع من المدينة.

الشكل رقم 5 - 8: منحنيات الأحمال لأيام الأحد خلال شهري أغسطس وسبتمبر بالأمبير

يوضح الشكل بجلاء عن النمط الموحد تقريبا لأيام الأسبوع حيث الأحمال القصوي تتزامن معا بينما الأحمال الخفيفة تقع في ذات الوقت من أيام الأحد كمؤشر جيد عن أهمية منحنيات الأحمال من جهة وتأثير هذه المنحنيات علي التخطيط والتصميم ليس فقط علي مستوي الشبكات الكهربية فحسب بل يمتد أيضا إلي التخطيط العمراني أيضا. لمزيد من التوضيح يمكننا وضع أيام الأحد خلال شهري الدراسة في الجدول رقم 5-11 ونعيد ذلك.

هكذا نحصل علي النتائج الإحصائية بعدد قراءات أكبر وهو 216 وبقيمة دنيا هي الصفر في الساعة العاشرة مساء 8/22 وقيمة عظمي هي 1500 في الساعة 9 م يوم 8/29 وبذلك سيكون المدى 300 وتكون المستويات classes خمسة فقط وباقي البيانات كما بالجدول رقم 5-14.

بالتالي نحصل علي الحمل المتوسط بقيمة 1072.6 بينما الوسط هو 1592.307 والمجال يساوي 613.95 أما عن معامل الانحراف فهو 933.203 وهذا مع المثال السابق يؤكدان علي أهمية الدراسة الإحصائية لمنحنيات الأحمال.

جدول رقم 5-14 : البيانات الإحصائية لأيام الأحد خلال شهري اغسطس وسبتمبر 1999

بيان	299 - 0	599 - 300	899-600	1199 - 900	1499 - 1120
8/1	1	2		10	11
8/8	3			7	14
8/15	4	1	1	12	6
8/22	4			11	17
8/29				11	13
9/5	3		3	11	7
9/12	3	1		6	14
9/19				7	17
9/26				15	9
frequency ، f التردد	18	4	4	82	108
تردد تراكمي cumulative frequency	18	22	26	108	216
وسط	114.5	414.5	714.5	1014.5	1314.5
f M	2061	1658	2858	83189	141966
(100) $f M^2$	2359.8	6872.4	20420.4	8439523.6	3732286

تزداد اهمية العمليات الحسابية بنظام المجموعات عندما نحصل علي المتوسط الشهري فنجد مثلا بالنسبة لشهر سبتمبر وبعد التحديد للقيمة الصغرى والعظمي أنها تتوزع علي خمس مستويات كما جاء في الجدول رقم 5-15 حيث نجد أن التوسط (أي الحمل المتوسط) يساوي 1072.77 أمبير بينما نحصل علي معامل التشتت الخاص بالانحراف بالقيمة 346.25 وهو ما يمثل التباين الشديد بين القيمة المتوسطة وبقية القياسات.

بمقارنة النتائج ووقت حسابها بالطريقتين (المباشرة والمجموعات) نجد أن حساب المتوسط أو معامل الانحراف يأخذان من الوقت والمجهود الأكبر في الحالة المباشرة حيث يتم الجمع لمربعات الفرق بين القراءة والمتوسط لكل القراءات جميعا بينما في حالة المجموعات فتتم بعدد المستويات وفي هذه الحالة الماثلة فهي خمسة فقط وشتان الفرق في الوقت والمجهود الحسابي ويكون الفرق اكبر وواضح جدا إذا اعتبرنا عاما كاملا كقياسات كاملة بدون أخذ عينات.

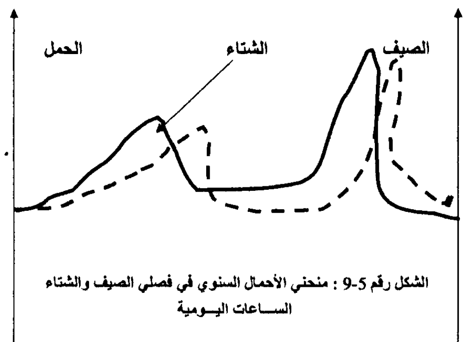
جدول رقم 5-15 : البيانات الإحصائية لشهر سبتمبر 1999

بيان	299-0	599-300	899-600	1199-900	1499 - 1120
frequency (f (التردد	64	12	18	314	288
تردد تراكمي cumulative frequency	64	76	94	408	696
median وسط	149.5	449.5	749.5	1049.5	1349.5
f M	9568	5394	13491	329543	388656
$f M^2$	1430416	2424603	10111504	345855370	524491270

رابعا: المتوسط السنوي Annual Mean

يدخل المتوسط السنوي بالمعني العام وهو المنحني السنوي للأحمال بالقيمة المتوسطة اللحظية سواء كان ذلك من خلال القراءات جميعا أو بأسلوب العينات ولذلك الحصول عليه عبارة عن تكرار لما سبق شرحه في النقاط السابقة وما علينا إلا أن نضع هذا في الإطار العام له ومن خلال القراءات السابقة ونعتبرها عينة للقياسات الكلية ومن ثم نحسب المنحني السنوي للأحمال، علاوة علي

التباين الشديد بين الأحمال علي مدار العام فهناك منحني الأحمال الشتوي والآخر الصيفي ويبين الشكل رقم 5- 9 الفرق بينهما والناتج عن زيادة أحمال المراوح وتشغيل بعض المصانع الموسمية المتخصصة في الطقس الصيفي وبالمثل في حالة الشتاء حيث التدفئة، بالإضافة إلي التغيير الزمني في التوقيت الصيفي عن الشتوي مما يتسبب في وضوح الزحزحة بينهما.



الشكل رقم 5-9 : منحني الأحمال السنوي في فصلي الصيف والشتاء
الســاعات اليــومية

مع ملاحظة أن المنحني الجديد سيأخذ نفس الهيكل السابق ويكون له معاملات متقاربة مثل ما جاء في الفصل السابق ومن هنا نجد أن التحليل الإحصائي ضروريا وأساسيا للتعامل مع المقارنات والبحث المراد بهذه المنحنيات وقبل كل هذا نضع في الجدول رقم 5-16 بعض المعاملات الاحصائية للحالات السابقة لمزيد من التحليل والهام لنا في هذه الخطوة أيضا.

جميع القراءات في الجدول قد سبق تحديدها من قبل ما عدا معامل التزحزح Skewness Factor وهو ما يعطي بالمعادلة

$$P = 3\,[\,\text{mean} - \text{median}\,]\,/\,s \qquad (5\text{-}11)$$

موضوع التزحزح يعني ما يعرف باسم التوزيع الترددي للقياسات وهو ما يحتمل أن تأخذ شكلا جوهريا يعرف بالتوزيع المتماثل بينما هذا التماثل قد ينحرف إما إلي اليمين أو إلي اليسار وتعني الزحزحة جهة اليمين الإشارة الموجبة للمعامل P أو تلك السالبة أي جهة اليسار أما إذا تساوي كل من الوسط والمتوسط والنمط فيكون التوزيع الترددي متماثل ولا تحدث العملية التزحزحية من حيث المبدأ وهو ما يظهر فيما يعرف باسم distribution function وهو ما سوف نهتم به في السطور التالية.

جدول رقم 5- 16: البيانات الإحصائية للأمثلة السابقة

الحالة	أيام الأحد لشهري 8٢9 /99	أول أسبوع في أغسطس	شهر سبتمبر
عدد القراءات n	216	168	696
المتوسط µ	1072.83	1102.64	1072.77
النمط mode	613.95	679.05	605.96
الوسط median	1592.3	1583.5	645.33
معامل الانحراف σ	922.95	224.7	346
معامل التزحزح p	1.569 -	6.42 -	3.706

يعرض الشكل رقم 5-10 الشكل العام في الحالات الثلاثة للتوزيع الترددي لأي من القراءات في صورة عامة.

هناك معاملا أخر يضاف إلي ما سبق وهو معامل التغير Coefficient of Variation وهو ما يختصر إلي CV والذي يتم حسابه إذا تعاملنا مع القراءات في شكل المجموعات من المعادلة:

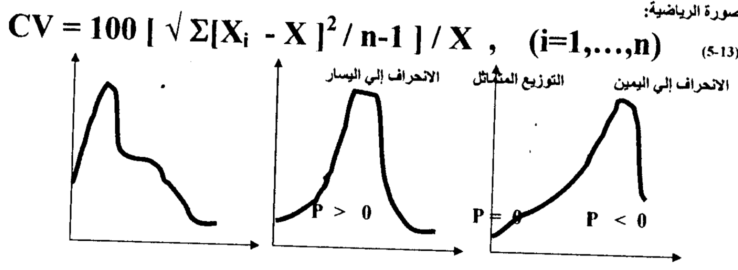
$$CV = 100\,S\,/X = \sqrt{\Sigma[f\,M^2 - n\,X^2]/(n-1)}/X \qquad (5\text{-}12)$$

هذا التغير متفاقم في حالات الأحمال فنري منحنيات أحمال تتجه ناحية اليمين مثل الأسبوع الأول من أغسطس وكذلك شهر سبتمبر الواردة بياناتهم في الجدول السابق بينما نجد نفس النوعية من القراءات قد تحولت جهة اليسار كما في حالة أيام الأحد ونرجع هذا

إلي التباين بين نوعيات الحمل في هذا اليوم بل وقد تظهر إختلافات أخري في القراءات مثل ما يبين من الشكل رقم 5-11 حيث يبين المنحني التردد مع القراءات وتركيزها ومن ثم طريقة التوزيع فيما بينها.

هذا يوضح عدم الانتظام في قيمة معامل التزحزح فكل ما كبرت الفترة الزمنية للقياس كلما ظهر التباين الأكبر وبالتالي الاحتياج الجوهري للتعامل مع هذه القراءات بالطريقة الإحصائية كما أن معامل التغير يمكن أن يتبع القراءات المتوسطة المباشرة ويأخذ الصورة الرياضية:

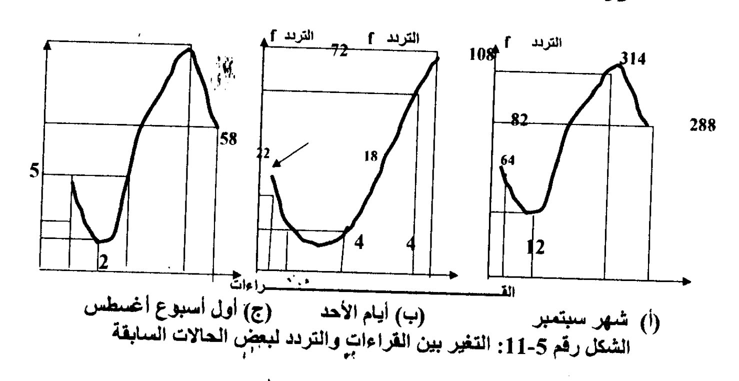
$$CV = 100\,[\,\sqrt{\Sigma[X_i - X]^2 / n-1}\,]\,/\,X\,,\quad (i=1,\ldots,n) \qquad (5\text{-}13)$$



الشكل رقم 5-10 : الأشكال المحتملة للتوزيع الترددي لأي قراءات إحصائية

من هذه المعادلة أيضا نستنتج أن القيمة العددية لمجموع القراءات ذات أهمية خاصة في تحديد الملامح الرياضية والهندسية للمعاملات الإحصائية، وهكذا نجد أن المتوسط السنوي لا بد وأن يخضع لأسلوب العينات وبالتالي نحصل علي الملامح الأساسية له شكلا وأيضا بالمعاملات الإحصائية السابق الحديث عنها وفي جميع الأحوال ستتبع نفس القراءات الشهرية كما تم حسابه في الحسابات السابقة خلال الجداول والأشكال السابقة.

5 - 3: الأوزان الحملية Weight Loads



(ج) أول أسبوع أغسطس (ب) أيام الأحد (أ) شهر سبتمبر

الشكل رقم 5-11: التغير بين القراءات والتردد لبعض الحالات السابقة

تأتي الأوزان المتزايدة في نقطة ما أو عدد منها داخل القياسات الإجمالية نتيجة للتركيز التوزيعي بها ولذلك يمكننا الاستفادة من هذه الطبيعة الإحصائية في التعامل مع منحنيات الأحمال خصوصا عند النقاط الحرجة مثل الذروة أو الأحمال الخفيفة للغاية والتي سبق الحديث عنها. من الجهة الأخري إننا هنا نتعامل مع هذه النقاط من محور الإحصائيات وما ينتج عنها من مواصفات تؤكد على أهمية حساب هذه الحدود الهندسية. والمتوسط Mean الإحصائي X_w نتيجة أوزان متغيرة W_i للقياسات المختلفة X_i بناء علي الأسس الإحصائية يتبع الصيغة:

$$X_w = [\Sigma X_i W_i] / \Sigma W_i \quad (5\text{-}14)$$

لتوضيح مدي ضرورة معامل التوزيع الوزني بين القياسات نضع القراءات الخاصة بأيام الأحد خلال شهري أغسطس وسبتمبر (جدول رقم 5-17) في ثلاث حالات مختلفة ففي الأولي نضع تأثير زيادة أوزان أحمال الذروة ويدرج الجدول رقم 5-17 النتائج الحسابية لهذه الحالة.

جدول رقم 5-17 : البيانات الإحصائية لتأثير أوزان الذروة علي المتوسط

X	Σ W_i	[Σ X_i W_i]	باقي القراءات	وزن من 5-8 م
930.9	216	201079.33	1	1
941.7	252	23719.33	1	2
956.1	324	309799.33	1	4
965.3	396	382279.33	1	6
971.7	468	454759.33	1	8
976.3	540	527239.33	1	10
979.9	612	599719.33	1	12

أما تأثير أحمال الليل في الفترة من4 صباحا وحتى السابعة لذات الأحمال الخاصة بأيام الأحد خلال الشهرين فقد جاءت في الجدول رقم 5- 18 حيث تم اعتبار الفترة من الساعة الرابعة وحتى السابعة صباحا ممثلة لها .

أخيرا تم مزج التغير بين الحالتين السابقتين كما وردت بنسب الأوزان المدونة بالجدول رقم 5- 19 بشرط أن مجموع نسبتين الفترتين للذروة والأحمال الخفيفة ثابتة بقيمة 648 وهو ما يظهر من نتائج في الجدول.

يمكن أن نوضح هذه العلاقة الهامة بين تأثير تغير أوزان الأحمال الكهربية علي المتوسط الإحصائي والذي يمثل إلي حد بعيد تلك القيمة التي يجب التعامل معها علميا خصوصا في الدراسات المستقبلية لتطوير الشبكات ككل وتزداد أهمية ذلك مع الربط الكهربائي والذي تم بين مصر والأردن وتونس وفي سبيل استكماله مع ليبيا والجيران العرب وأفريقيا في القريب العاجل ويعطي الشكل رقم 5-12 أسلوب التأثر لكل من الحالات الثلاثة.

جدول رقم 5- 18: البيانات الإحصائية لتأثير الأحمال الليلية علي المتوسط

X	Σ W_i	[Σ X_i W_i]	باقي القراءات	وزن 4-7 ص
930.9	216	20107933	1	1
812.6	252	204779.33	1	2
654.8	324	212179.33	1	4
554.4	396	219579.33	1	6
484.9	468	226979.33	1	8
434.0	540	234379.33	1	10
395.0	612	241779.33	1	12

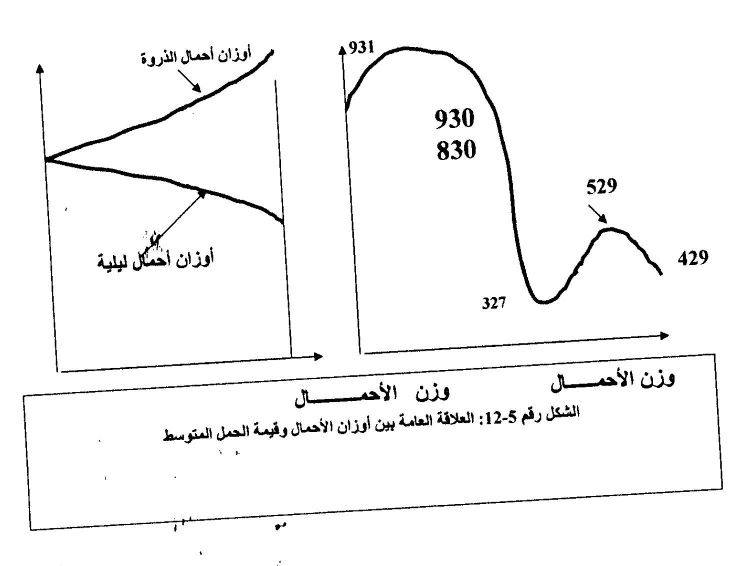
من الشكل رقم 5-12 نجد أن تأثير زيادة أوزان أحمال الذروة يرتفع باستمرار مع زيادة الأوزان وعلي النقيض يقل تأثير الأحمال

الخفيفة علي المتوسط أي يقل المتوسط مع زيادة أوزان الحمل الخفيف بينما تصبح العملية صعبة عند تداخل المعاملات والأوزان لكافة المراحل الزمنية علي منحيات الأحمال وهو ما يظهر في الحالة الثالثة وما يصاحبها من تباين بين حركة الزيادة والنقصان في قيمة الحمل المتوسط وكل هذه الحالات هامة لدراسة تأثير الذروة أو أحمال بعينها داخل المنحنيات.

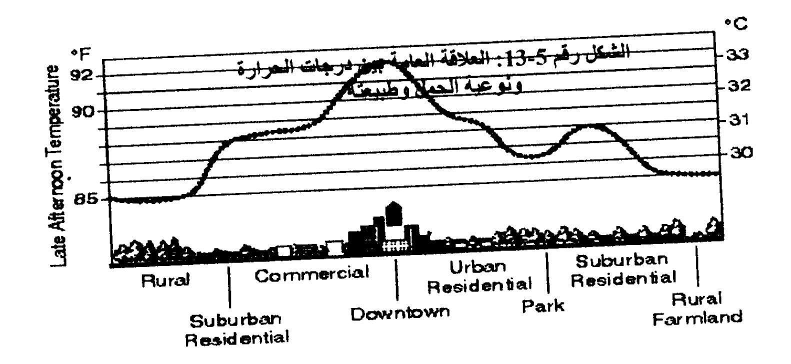
تزيد أهمية هذه الدراسة إذا زادت القياسات والمنحنيات تحت الدراسة. وتعتبر هذه المعاملات الإحصائية من الضروريات الأساسية لتحليل هذه المنحنيات في الدراسات المستقبلية لإنشاء الشبكات الكهربية أو أجزائها أو حتى إضافة أي من الأجزاء الجديدة وتندرج في هذا تلك المدن الجديدة والمناطق في المشروعات الكبرى مثل مشروع توشكي وشرق بور سعيد أو شمال خليج السويس وغيرها من المدن المتواجدة أيضا مثل العاشر من رمضان أو السادس من أكتوبر.

جدول رقم 5- 19 : البيانات الإحصائية لتأثير أوزان الذروة والأحمال الخفيفة ليلا علي المتوسط

وزن 4-7 ص	وزن 5-8 م	باقي القراءات	$[\Sigma X_i W_i]$	X
2	12	1	603419.33	931.2
4	10	1	538339.33	830.7
6	8	1	473259.33	730.3
8	6	1	212179.33	327.4
10	4	1	343099.33	529.4
12	2	1	278019.33	429.0



الشكل رقم 5-12: العلاقة العامة بين أوزان الأحمال وقيمة الحمل المتوسط

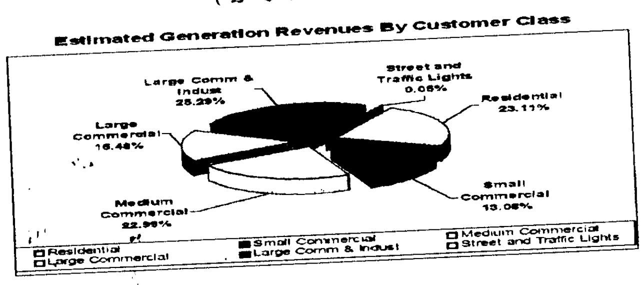


الشكل رقم 5-13: العلاقة العامة بين درجات الحرارة ونوعية الحمل وطبيعته

تعتبر التعريفة الكهربية من أول المؤثرات في استهلاك الطاقة فنري نظاما شرائحيا تخصصيا في مصر وبالمثل في ليبيا حيث وردت التعريفة الكهربية في ليبيا بالجدول رقم 5- 20.

علي سبيل التاكيد علي أهمية الإحصائيات في مجال الشبكات الكهربية حيث تتنوع طبيعة الأحمال وتتباين درجات الحرارة مع كل طراز حملي أو حتي موقعه، وهذا بدوره يأتي بالتأثير إما المساعد أو المعرقل للتحميل الكهربي مما جعلنا نضع الإطار النمطي للتغير الحراري مع طبيعة الحمل في أيسلندا. بينما نجد أن المستويات الإستهلاكية قد تتوزع بنسبة واحدة تقريبا فنري هذا التوزيع في الشكل رقم 5 – 14 أوروبية متقدمة، حيث نجد أن التوزيع للطاقة الكهربية المستهلكة قد يتساوي مع الدول النامية صناعية الطابع مثل مصر علي سبيل المثال.

الشكل رقم 5 – 14: التوزيع النسبي لنوعيات الأحمال مع طبيعة ونمط الأحمال في دولة متقدمة (سان فرانسيسكو لأمريكا)



جدول رقم 5- 20: التعريفة الكهربي في ليبيا بقيمة الدرهم / ك. و. س

نوع الاستهلاك		التعريفة
المرافق العامة		68
تجاري		68
إنارة عامة		68
منزلي	0 – 500 ك و س شهريا	20
	501 – 600 ك و س شهريا	25
	601 – 700 ك و س شهريا	35
	701 – 800 ك و س شهريا	40
	801 – 900 ك و س شهريا	45
	901 فأكثر ك و س شهريا	55
صناعي	خفيف	42
	ثقيل	31
زراعي	صغار	30
	كبار	32

الربط الكهربي Electric Coupling

من المؤكد أن الربط الكهربي (ربط الشبكات الكهربية معا) يمثل السياسة العصرية علي كافة الأصعدة دوليا فتتجه النواحي المالية والتجارية إلي تكوين التجمعات المشتركة للتبادل التجاري فيما بينهم وتأتي عمليات التصدير والاستيراد من أجل إستثمار الفائض وسد النقص في المنتجات المطلوبة.

علي الجانب المالي نجد أيضا إندماجا لبعض الشركات الصناعية وهو ما يعبر عن التماثل مع وضع الربط الكهربي كهربيا، كما نجد علي نفس الوتيرة ذلك التعاون في مجالات الغذاء والزراعة وأيضا في المجال الطبي، مما يجعلنا أن نتوقف عند هذا الموضوع بوقفة هندسية خصوصا وأنها تمثل الخير وكل الخير للجميع. من هذه النقطة نبدأ الحديث عن الربط الكهربي بشكل عام ثم نتوجه به إلي الحالة الخاصة التي نتمتع بها كي نواجه متطلبات العصر ونواكب التقدم العالمي علي البسيطة.

1-6: مبادئ الربط الكهربي Basics of Electric Coupling

الهدف الأصلي للربط الكهربي يتمثل في التطور الزاحف علي المجتمعات العصرية، خصوصا مع التحول الهائل في كهربة الأدوات والمعدات غير الكهربية. هذا هو الطريق المؤدي إلي ضرورة الإلتزام بالربط الكهربي بين الجهات المختلفة. بشكل آخر أن عمليات تحويل كل الأدوات سواء المنزلية أو غيرها من أدائها الميكانيكي إلي الكهربي قد زادت وتخطت كل التوقعات ومن ثم ارتفع الطلب علي الطاقة الكهربية.

بناء علي نظرية العرض والطلب المالية في المبدأ نري هذا المبدأ هندسيا في إطار آخر مثل أهمية توفير الطاقة الكهربية بمعامل إعتمادية مرتفع. هذا هو الهدف الفعلي للحديث عن الربط الكهربي، وبهذا يكون من الهام التعرف علي المزايا التي نتحصل عليها عند إتمام الربط الكهربي داخليا (داخل الوطن الواحد) أو خارجيا (علي المستوي الإقليمي أو الدولي). علي الرغم من أن الربط الكهربي يمثل تكلفة مادية مضافة إلي تكلفة إنتاج الطاقة الكهربية، إلا أننا نحصل علي الطاقة بسعر أقل نتيجة تقليل النفقات في نقل الطاقة بجانب توافر الوقود بشكل دائم.

هذا الأسلوب هو الهدف الرئيسي للعمل الكهربي المتمثل في التعاون المتبادل بين الشعوب، وما قد يتبعه من زيادة سعر الطاقة الكهربية المباعة أحيانا، إلا أننا نحتاج إلي وضع أهم المزايا الناتجة عن عمليات الربط الكهربي كما ترد في السطور القليلة القادمة وبإيجاز.

أولا: تحسين كفاءة التشغيل Efficient Operation

من الناحية التقنية نحتاج إلي أي معاملات تساعد أو تنهض بمستوي الأداء سواء عند أطراف التوليد أو عند أطراف الإستهلاك أو حتي في ما بين الطرفين (نقل وتوزيع). مع الربط الكهربي لأول مرة عندما زاد عدد الأحمال عن الحمل الواحد في بدايات تطبيق التغذية الكهربية ظهرت من المزايا الكثير. كان من أهم المزايا هو إعطاء الفرصة إلي أحمال مضافة عن ذي قبل، حيث كان التوليد لكل حمل علي حدة. هذا يعني أن التوليد للمعدة مباشرة دون الدخول في مراحل النقل والتوزيع، مما كان يبشر بعصر الكهرباء الوافد في ذلك الوقت. انتقالا من هذه الميزة نصل إلي مزايا ارتفاع الإعتمادية، مما يفيد أن الربط بين مدينة وأخري يعطي الفرصة للإستعانة بامكانيات المدينتين بدلا من الفصل بينهما.

هذه العملية والخاصة بالربط الكهربي تزيد من فرص إجراء أعمال الصيانة دون قطع التيار الكهربي عن المستهلك، اي يرفع من قيمة الإعتمادية. إضافة إلي ذلك نجد أن الربط بين المدن أو القري أو حتي بين المنازل يجعل التحميل أقل من الواقع تبعا لما سبق شرحة في معامل التشتت كمعامل فني هام. جدير بالذكر أن كل هذه المزايا مجتمعة تعبر عن تحسين مستوي الأداء. هذا يشير إلي ضرورة التوجه إلي الربط الكهربي عموما خصوصا مع زيادة الإقبال علي استخدام الطاقة الكهربية عالميا.

ثانيا: التوفير الإقتصادي Economic Saving

الربط الكهربي يزيد من إمكانية توفير قدر ما من الطاقة الكهربية المتاحة في التوليد لنفس القيمة من الطاقات المطلوب استهلاكها.

ذلك يعني توفيرا ماليا في تكلفة إنتاج الطاقة الكهربية. كما أن كميات الطاقة الكهربية التي تم توفيرها تقدم الفرصة للدولة كي تزيد من إستثماراتها بنما يتضمنه من زيادة أعداد فرص العمل في الدولة. علاوة علي ذلك وحيث أن كل معدة لها عمرا إفتراضيا قد يصل أحيانا إلي 40 – 50 سنة نجد أن هذا الوضع فنيا يزيد من ساعات تشغيل المعدة الكهربية العاملة بالشبكات الكهربية (أي كثافة إستخدام المعدة) أو ما يبشر بتوفير إقتصادي للسلعة الكهربية المستخدمة.

جدول رقم 6- 1: حمل فعلي لأحد الأيام يخص أحد المدن الكبري بالميجا وات مكررا لمدن أخري داخل شبكة موحدة (أحمال متماثلة).

س	منحني المدينة الأولي	منحني المدينة الثانية	منحني المدينة الثالثة	إجمالي الأحمال	س	منحني المدينة الأولي	منحني المدينة الثانية	منحني المدينة الثالثة	إجمالي الأحمال
12	1320	1320	1320	3960	2	780	780	780	2340
1	1260	1260	1260	3780	3	820	820	820	2460
2	1200	1200	1200	3600	4	820	820	820	2460
3	1140	1140	1140	3420	5	860	860	860	2580
4	1100	1100	1100	3300	6	860	860	860	2580
5	1040	1040	1040	3120	7	860	860	860	2580
6	1040	1040	1040	3120	8	1080	1080	1080	3240
7	1040	1040	1040	3120	9	1000	1000	1000	3000
8	1160	1160	1160	3480	10	1000	1000	1000	3000
9	1160	1160	1160	3480	11	1000	1000	1000	3000
10	1300	1300	1300	3900	الطاقة	24840	24840	24840	74520
11	1300	1300	1300	3900	حمل متوسط	1035	1035	1035	1035
12	880	880	880	2640	معامل التحميل	0.796	0.796	0.796	0.796
1	820	820	820	2460	القيمة الأقصي	1300	1300	1300	3900

ثالثا: سرعة تناقل الخبرات Experience Transfer

من مزايا الربط الكهربي يأتي الإحتكاك المباشر بين العاملين وزيادة عدد المتعاملين معا في إطار منظومة العمل والتشغيل والصيانة وهو ما يعود بالفائدة علي العاملين. تاتي هذه الفائدة من خلال التعامل المباشر أو حتي غير المباشر وذلك من خلال المناقشة والتحليل المشترك للأعطال أو العيوب أو الفوائد أيضا.

التعامل المشترك يساهم بصورة حقيقية في رفع مستوي الأداء عن طريق نقل الخبرة من الخبير إلي الأقل خبرة، وهذا بدوره يعود بالنفع علي العامل من جهة وعلي الشركة المعنية من جهة أخري.

إذا ما كان الربط دوليا وليس محليا يكون معدل نقل وتناقل الخبرات سريعا لأنه سوف ينعكس علي مستوي الأداء التشغيلي لمثل هذه الشبكات الكهربية. علي الجانب الآخر نجد أن سرعة تناقل الخبرات يمثل فائدة كبري للدول قليلة الخبرة في هذا المجال حيث نقل الخبرات غالبا ما يأتي من المستوي الفني العالي إلي ما دونه من مستويات للعمالة علي كافة الأصعدة. أما علي المستوى المحلي فقد تنتقل الخبرات بسهولة ويسر خصوصا عند التعامل مع مراكز الأحمال المحلية أو مركز الأحمال الرئيسي.

ثالثا: التوازن Balance

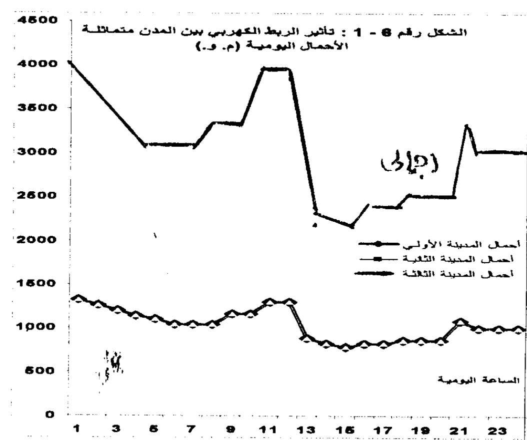
التوازن الفني والتقني التشغيلي هو من أهم ثمار عمليات الربط الكهربي سواء ربطا وحيدا منفردا أو إقليميا داخليا أو حتي خارجيا. هذا التوازن أي الإستقرار يرفع من معامل الإعتمادية العام لتشغيل الشبكة الكهربية بعد الربط الكهربي بين الأحمال المختلفة. تصبح عمليات التوازن والإستقرار للشبكة الكهربية محورا أوليا للتعامل مع الشبكات الكهربية عند التشغيل باسلوب الربط الكهربي.

2-6: الربط الداخلي Internal Coupling

نتيجة للمزايا التي ظهرت في البند السابق علاوة علي رفع كفاءة التشغيل والإعتمادية نحتاج إلي الربط الكهربي بين المناطق والمدن المختلفة داخل الدولة وذلك بناء علي الأسس الفنية والهندسية، أما عن تأثير الأحمال الكهربية بهذه الشبكة عندما تتحد إلشبكة معا فله وضع مغاير من حيث الإستفادة من الطاقة المفقودة أثناء التشغيل اليومي.

أولا: الأحمال المتماثلة Symmetrical Loads

التعامل مع الأحمال المتماثلة سهلا في الحساب ولكنه يتطلب إيجاد أي تأثير لها من جانب التفاعل بين الأحمال المختلفة كي نتمكن من الإستفادة من هذه الأحمال اليومية، لذلك نبحث هنا ذات الموضوع من جهة الأحمال الكهربية وهو ما يمكننا أن نفرضه لثلاث مدن متشابهة التحميل الكهربي ترتبط معا في شبكة موحدة (مستقلة). يقدم الشكل رقم 6 – 1 إجمالي الأحمال علي ثلاث مدن متشابهة تماما في الأحمال اليومية (منحني الأحمال) حيث نجد أن المعاملات الفنية لإجمالي الأحمال مازال كما هو دون تغير، مما يعني أنه لا يوجد تأثيرا سلبيا علي هذا الربط الثلاثي. كما أن الجدول رقم 6-1 يعرض القيمة الزمنية لمنحنيات الأحمال الثلاثة وكذلك الإجمالية إضافة إلي معامل التحميل والقيمة الأقصي لكل من هذه المنحنيات. أما بقية المعاملات الفنية فسوف تتطابق جميعا، وهذا ما يوضح عدم التأثير أو التأثر بالأحمال الكهربية في توزيعها اليومي مادامت هذه الأحمال متماثلة.



الشكل رقم 6 - 1 : تأثير الربط الكهربي بين المدن متماثلة الأحمال اليومية (م. و.)

ثانيا: الأحمال غير المتماثلة Un-Symmetrical Loads

علي الجانب الأخر عندما تتباين الأحمال (منحنيات الأحمال) وهو الوضع الطبيعي للأحمال تظهر منحنيات الأحمال بصفاتها الفنية وتظهر بعضا من المزايا فمثلا في الشكل رقم 6 – 2 نجد أن الأحمال غير متماثلة لثلاث مدن مختلفة الطابع فالمدينة الأولي هي مدينة تجارية أما الثانية فيغلب عليها الطابع الصناعي بينما الثالثة تمثل مدينة ولكن إنتاجها الأساسي هو الحمل الزراعي. نجد التباين بين هذه الحالة عن السابقة (الأحمال المتماثلة)، فهناك كان التماثل تام، أما هنا فيوجد عدم تماثل في القيمة الأقصي لكل مدينة وكذلك الحمل وطابع التغير غير متماثل. بالنسبة للمعاملات الفنية فقد جائت في الجدول رقم 6-2 حيث ظهرت المساحات (الطاقة الكهربية) مختلفة وكذلك معامل التحميل غير متقارب بل ومتفاوت في القيمة.

يمكننا أن نري هذا التباين علي سبيل المثال كما هو واضح من الشكل رقم 6 – 3 حيث خريطة الجماهيرية الليبية فتظهر منها المدن الساحلية وتلك الجبلية وكذلك المدن الكبري والأخري الصغري وهكذا. هذه الخريطة تعطي الشبكات الرئيسية في ليبيا موضحة أن أن الأحمال الكهربية علي كل مدينة لا بد وان يختلف تبعا لنوعية المدينة.

من هذا المنطلق نستطيع أن نخلص إلي أهمية التعامل مع منحنيات الأحمال في أداء الشبكات الكهربية وهو ما يمثل خطوة أساسية في تصميم الشبكات الكهربية. ذلك أن الأحمال المتماثلة لا تمثل ضررا أو إعاقة بل هي تبقي الوضع الهندسي علي حاله كما هو بينما مع منحنيات الأحمال المتباينة تأتي المزايا التي ظهرت في الحالة الثانية للثلاث مدن المختلفة في طابع أحمالها الكهربية. من الجهة الأخري تزداد أهمية منحنيات الأحمال ليس فقط داخليا بل أيضا خارجيا، بمعني أن الأحمال المختلفة للمدن داخليا داخل الدولة بينما الأحمال المختلفة للدول المتجاورة (مختلفة عادة وبالتأكيد) تعطي الفرصة للمزايا التي سبق التنويه عنها. •

جدول رقم 6- 2: تأثير منحنيات الأحمال بالميجا وات لمدن غير متماثلة الطابع في شبكة موحدة.

س	منحني المدينة التجارية	منحني المدينة الصناعية	منحني المدينة الزراعية	إجمالي الأحمال	س	منحني المدينة التجارية	منحني المدينة الصناعية	منحني المدينة الزراعية	إجمالي الأحمال
12	1320	1000	600	2920	2	780	5000	100	5880
1	1260	1000	600	2860	3	820	5000	100	5920
2	1200	1000	600	2800	4	820	4000	500	5320
3	1140	1000	600	2740	5	860	3000	1000	4860
4	1100	1000	600	2700	6	860	2000	3000	5860
5	1040	1000	1000	3040	7	860	2000	4000	6860
6	1040	1000	1000	3040	8	1080	2000	4000	7080
7	1040	3000	1000	5040	9	1000	2000	5000	8000
8	1160	4000	1000	6160	10	1000	2000	5000	8000
9	1160	4000	700	5860	11	1000	2000	5000	8000
10	1300	5000	100	6400	الطاقة	24840	67000	35800	127640
11	1300	5000	100	6400	الحمل المتوسط	1035	2091.66	1491.66	5318.333
12	880	5000	100	5980	معامل التحميل	0.796	0.558	0.298	0.665
1	820	5000	100	5920	القيمة الأقصي	1300	5000	5000	8000

3-6: الربط الجغرافي Geographic Coupling

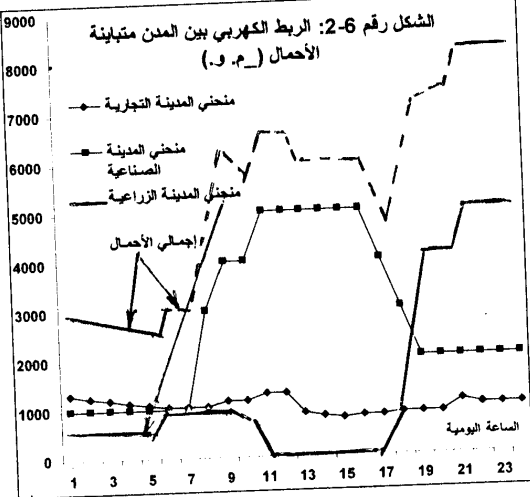
الجانب الثاني لرؤية الربط الكهربي يأتي من خلال الشكل الجغرافي وهو ما يكون هاما عند الربط بين الدول المختلفة. هذه الأهمية تتعاظم مع الدول متباينة الأحمال مثل الدولة الزراعية بجانب تلك الزراعية أو الثالثة التجارية أو غيرها البحرية من طبيعة النشاط السكاني إلي غير ذلك من الأسباب.

نظرا لأن التعامل الجغرافي يعتمد علي اليابس أو المائي أو المرتفعات والمنخفضات أو إلي بقية المعاملات الجغرافية مما يجعلنا أن نتناول موضوع الأحمال الكهربية من خلال التباين الجغرافي من وجهة النظر التحميلية كهربيا. هذا هو ما يعني ضرورة وضع التأثيرات الجغرافية علي طبيعة الأحمال الكلية لمجموع الأحمال الفرعية وهنا الحديث عن الأحمال الوطنية لكل دولة بدلا من الحديث

السابق عن المدن المختلفة داخل الدولة، لهذا السبب سوف نتناول هذه الأحمال علي محوري خطوط الطول وخطوط العرض الجغرافية مع أن يوضع في الإعتبار التغير الحملي طبقا لطبيعة الحياة والمناخ في كل منها.

أولا: الربط الكهربي مع خط الطول Longitude

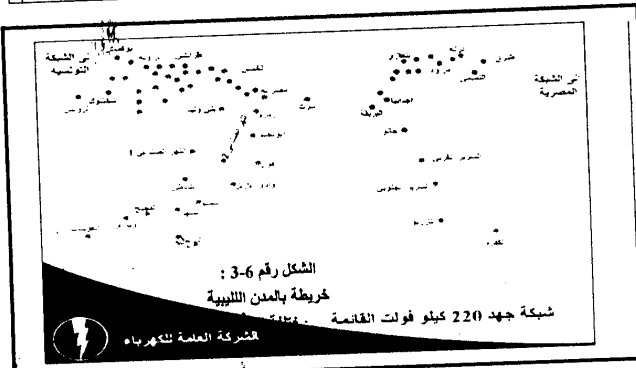
يلعب خط العرض دورا هاما وأساسيا عند التعامل مع منحنيات الأحمال الكهربية حيث يكمن هذا الدور في التباين الزمني أي التغير في الزمن ومن ثم يكون التحميل مختلفا ولمزيد من هذا التوضيح نتناول هذا البند علي محوري الأحمالا متماثلة وأيضا غير المتماثلة في السطور التالية.



الشكل رقم 6-2: الربط الكهربي بين المدن متباينة الأحمال (_م. و.)

1- الأحمال المتناظرة Symmetrical Loads

عندما نتحدث عن خطوط الطول يجب أن نضع التباين الزمني حيث نجد التوقيت المطلق ينسب إلي خط طول جرينتش علي الكرة الأرضية ومن ثم يكون هناك فارق زمني بين المدن والدول المتجاورة، وقد لا يظهر الفارق الزمني بين المدن المختلفة نتيجة التلاصق شبه المباشر بينها إلا أنه يظهر بالتأكيد بين الدول نتيجة إتساع الرقعة الأرضية (مساحة الأرض) لكل دولة علي حدة. ناخذ هنا مثالا من تلك الأحمال السابقة لنضعها متماثلة علي

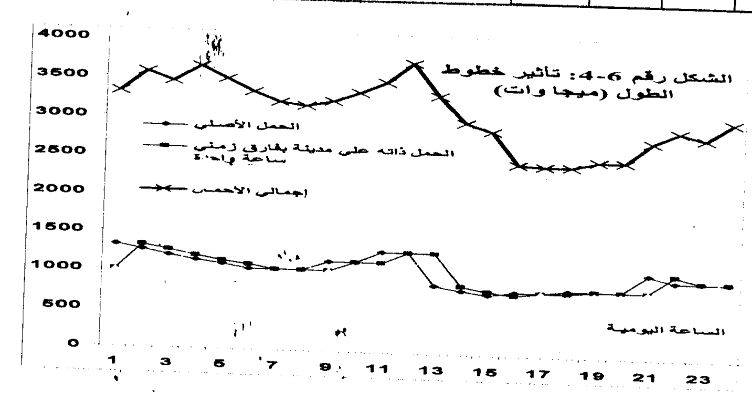


الشكل رقم 6-3 :
خريطة بالمدن اللليبية

خطوط طول متتالية أو متعاقبة كي تتمكن من فهم هذا المغزي الهندسي للربط الكهربي (جدول رقم 6-3).

جدول رقم 6- 3: حمل فعلي لأحد الأيام يخص أحد المدن الكبري بالميجا وات مكررا لمدن بفارق زمني ساعة وساعتين (تبعا لتغير خط الطول).

س	منحني رقم 1	متأخر ساعة (رقم 2)	متأخر ساعتين (رقم 3)	إجمالي الأحمال	س	منحني رقم 1	متأخر ساعة (رقم 2)	متأخر ساعتين (رقم 3)	إجمالي الأحمال
12	1320	1000	1000	3320	2	780	820	1300	2900
1	1260	1320	1000	3580	3	820	780	880	2480
2	1200	1260	1000	3460	4	820	820	820	2460
3	1140	1200	1320	3660	5	860	820	780	2460
4	1100	1140	1260	3500	6	860	860	820	2540
5	1040	1100	1200	3340	7	860	860	820	2540
6	1040	1040	1140	3220	8	1080	860	860	2800
7	1040	1040	1100	3180	9	1000	1080	860	2940
8	1160	1040	1040	3240	10	1000	1000	860	2860
9	1160	1160	1040	3360	11	1000	1000	1080	3080
10	1300	1160	1040	3500	الطاقة	24840	24840	24840	74520
11	1300	1300	1160	3760	الحمل المتوسط	1035	1035	1035	3105
12	880	1300	1169	3340	معامل التحميل	0.796	0.796	0.796	0.82
1	820	880	1300	3000	القيمة الأقصى	1300	1300	1300	3760



الشكل رقم 6-4: تأثير خطوط الطول (ميجا وات)

في الشكل رقم 6-4 جاءت أحمال لثلاث مدن كبري بين كل منها فارق زمني ساعة واحدة ولذات الحمل، ومن هذا الشكل نستطيع ملاحظة أن القيمة القصوي للأحمال الإجمالية وهي 3760 م. و. وهي التي تقل عن المجموع الجبري للثلاث قيم القصوي لكل من الأحمال الثلاثة وهي 3900 م. و. لأنهم متماثلين، نتيجة ما نسميه معامل التشتت كما سبق الشرح من قبل.

جدول رقم 6- 4: حمل فعلي لأحد الأيام يخص أحد المدن الكبري بالميجا وات مكررا لمدن بفارق زمني أكبر ساعتين وأربعة (تبعا لتغير خط الطول).

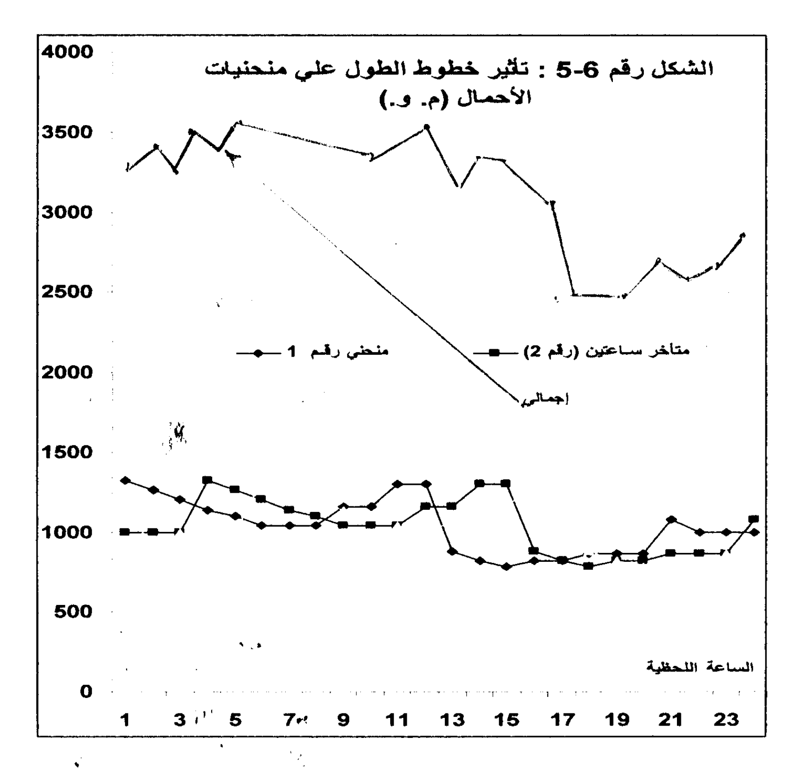
س	منحني رقم 1	متأخر 2 س (رقم 2)	متأخر 4 س (رقم 3)	إجمالي	س	منحني رقم 1	متأخر 2 س (رقم 2)	متأخر 4 س (رقم 3)	إجمالي
12	1320	1000	860	3180	2	780	1300	1160	3240
1	1260	1000	1080	3340	3	820	880	1300	3000
2	1200	1000	1000	3200	4	820	820	1300	2940
3	1140	1320	1000	3460	5	860	780	880	2520
4	1100	1260	1000	3360	6	860	820	820	2500
5	1040	1200	1320	3560	7	860	820	780	2460
6	1040	1140	1260	3440	8	1080	860	820	2760
7	1040	1100	1200	3340	9	1000	860	820	2680
8	1160	1040	1140	3340	10	1000	860	860	2720
9	1160	1040	1100	3300	11	1000	1080	860	2940
10	1300	1040	1040	3380	الطاقة	24840	24840	24840	74520
11	1300	1160	1040	3500	الحمل المتوسط	1035	1035	1035	3105
12	880	1160	1040	3080	معامل التحميل	0.796	0.796	0.796	0.887
1	820	1300	1160	3280	القيمة الأقصي	1300	1300	1300	3500

بعد أن ظهرت هذه الفروق بين منحني الأحمال الكلية وتلك الثلاثة الأولية نتعامل مع فارق زمني أكبر لنفس الأحمال وهو ما يعرضه الشكل رقم 6 – 5 حيث اتسع الفارق الزمني بين كل منحني وما يليه إلي ساعتين بدلا من ساعة واحدة حيث يجدول الجدول رقوم 6 – 4 القراءات الخاصة بهذه الحالة إضافة إلي أن منحنيات الأحمال ذاتها قد ظهرت في الشكل رقم 6- 5 ومن هذه القراءات نتمكن من التعرف علي أن الطاقة الكلية المستهلكة ثابتة في كل الحالات بقيمة 74520 حيث أن كل منحني حملي يستهلك طاقة قدرها 1035، أي ثلث الطاقة الكلية. هذا يمثل لنا ثبات الطاقة المستهلكة مع تغير خط الطول بين الأحمال مما يقودنا إلي قيمة قصوي أقل من السابقة بقيمة قدرها 3500 بينما كانت في الفارق الزمني الأقل عبارة عن 3600 م. و. علاوة علي ذلك نجد أن شكل المنحني في حالة إتساع الفارق الزمني أصبح غير حادا نسبة إلي الحالة السابقة.

علي نفس الوتيرة ولمزيد من التوضيح نعمل علي زيادة الفرق الزمني بين هذه الأحمال كما نشاهدها في الشكل رقم 6- 6 والذي يقدم الثلاث أحمال بفارق زمني 4 ساعات ومن ثم نحصل علي القيمة القصوي بمقدار 3600 م. و. وهو ما يفيد بزيادة القيمة القصوي وذلك نتيجة التغير المتذبذب في الأحمال اليومية حيث جاءت المعاملات الأساسية لهذه المنحنيات في الجدول رقم 6 – 5 لتحدد أن معامل التحميل قد قل عن سابقه أي 0.8625 بدلا من 0.887 ، ومن ثم كان من الضروري زيادة هذه الفترة الزمنية البينية والتي وصلت إلي 6 ساعات كما ظهرت النتائج في الرسم المغطي في الشكل رقم 6 – 7 وبيانات المعاملات في الجدول رقم 6 – 6.

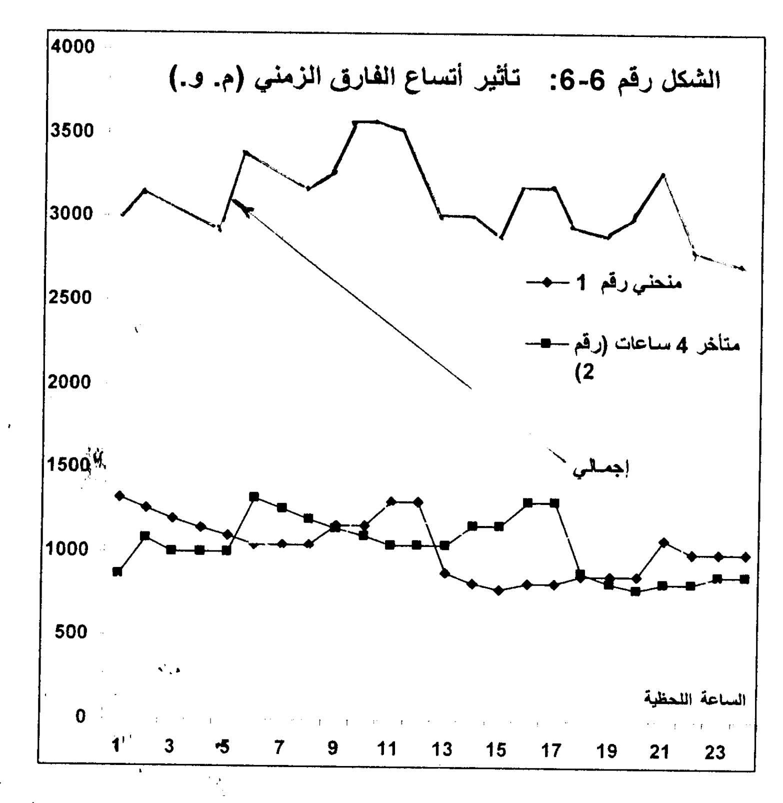
جدول رقم 6- 5: معامل التحميل للحمل الفعلي الإجمالي لثلاث مدن كبري (بالميجا وات) لها أحمالا متماثلة بفارق زمني 4 و 8 ساعات (تبعا لتغير خط الطول).

البند	منحني رقم 1	متأخر 4 ساعات (رقم 2)	متأخر 8 س (رقم 3)	منحني الأحمال الإجمالي
الطاقة (م. و. س)	24840	24840	24840	74520
الحمل المتوسط (م. و.)	1035	1035	1035	3105
معامل التحميل	0.796	0.796	0.796	0.8625
القيمة الأقصي (م. و.)	1300	1300	1300	3600

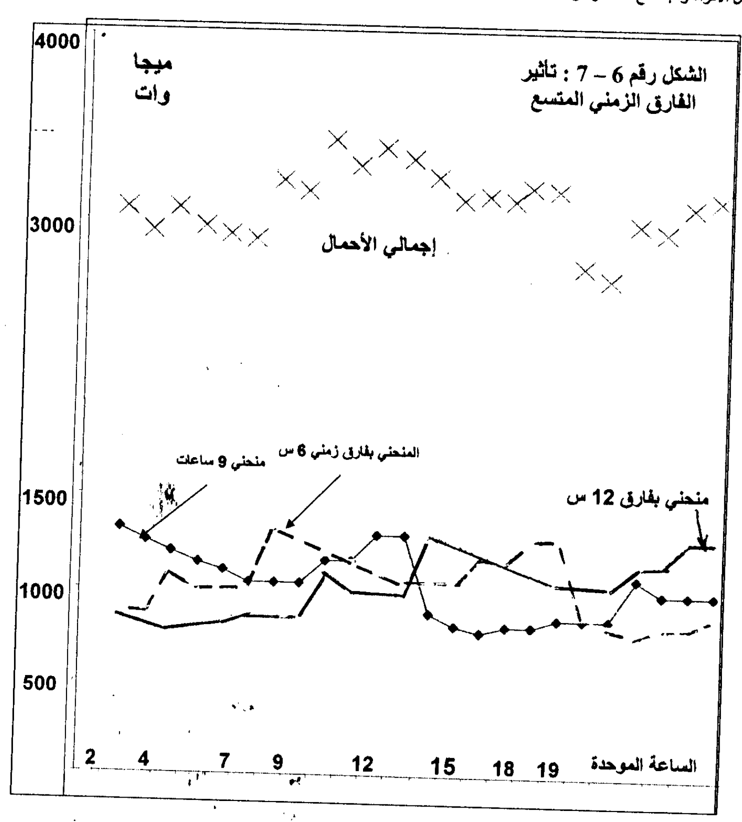


جدول رقم 6- 6: معامل التحميل للأحمال الكلية بالميجا وات في شبكة تضم ثلاث مدن كبري مكررا لمدن بفارق زمني 6 و 12 ساعة (تبعا لتغير خط الطول).

البند	منحني رقم 1	منحني 2 بعد 6 ساعات	منحني 3 بعد 12 س	إجمالي الأحمال
الطاقة (م. و. س)	24840	24840	24840	74520
الحمل المتوسط	1035	1035	1035	3105
معامل التحميل	0.796	0.796	0.796	0.796
القيمة الأقصي	1300	1300	1300	3440



معامل التحميل في هذه الحالة الأخيرة قد تطور إلي القيمة 0.796 للفرق الزمني البيني 6 ساعات مقابل 0.8625 للفرق البيني 4 ساعات أي أن التحميل قد زاد نسبة إلي القيمة القصوي الكلية ومن ثم ينعكس علي وجود فائض في الشبكة من الطاقة المتولدة من محطات التوليد علي أطراف الشبكة الكهربية التي تضم مثل هذه الأحمال. من هذا المعامل وحده نتأكد من المزايا المصحوبة بالربط الكهربي علي إمتداد خطوط الطول علي البسيطة من أقصاها شرقا إلي أقصاها غربا. من ناحية أخري تعمل الشبكة الكهربية الدولية علي هذا المنوال دورا جوهريا لنقل الطاقة الكهربية من أية بقعة علي الأرض إلي غيرها وهذا النقل يمثل شبكة الطيران الدولية التي تنقل الأفراد والبضائع تماما ولكن هنا تنتقل الطاقة الكهربية بسرعة الضوء وهذا أيضا ما يميزها.



2- الأحمال غير المتماثلة Un-Symmetrical Loads

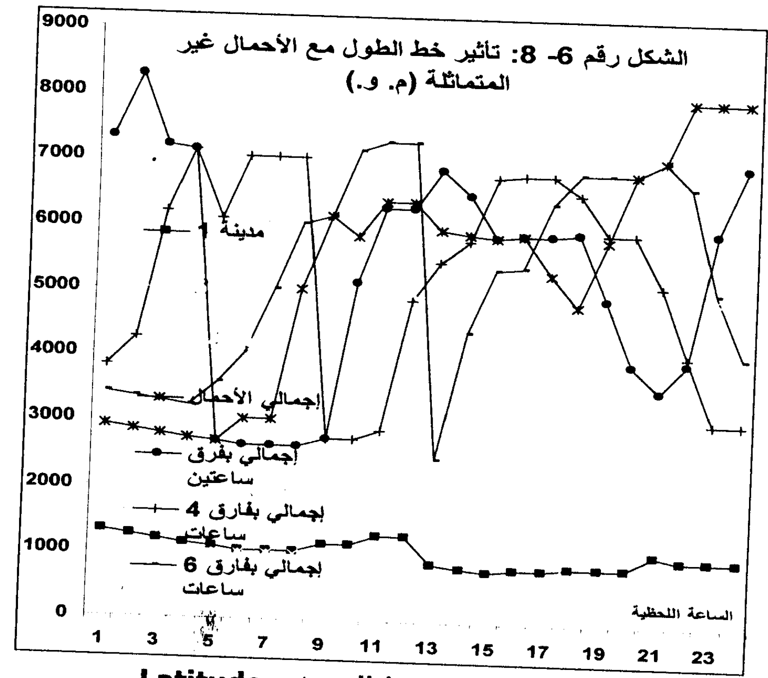
نظرا لأن الحمل لا يتكرر تماثليا في الواقع فكان من الضروري التعامل مع الأحمال غير المتماثلة ومن ثم نعرض هنا تلك الأحمال غير المتماثلة والسابق ورودها في الجدول رقم 6 – حيث تم دراسة هذه الأحمال عندما تكون في ذات المدينة أو بالمعني الأصح في ذات التوقيت. عندئذ نضع هذه الأحمال علي فترة بينية متغيرة بدءا من ساعتين إلي ستة ساعات كي نستطيع التوصل إلي المعني الحقيقي الفعلي للربط الكهربي (الجدول رقم 6 – 7). تم عرض هذه الأحمال الإجمالية لكل الحالات والتي توضح أن الشكل العام للمنحني الإجمالي يتغير تماما علاوة علي الكسب الفعلي للقيمة القصوي التي دائما تنخفض عن إجمالي القيم القصوي جبريا.

الجدول رقم 6- 7 :القراءات الحسابية لأحمال ثلاث مدن بفارق زمني ثابت (م. و.)

س	إجمالي الأحمال	إجمالي بفرق ساعتين	إجمالي بفارق 4 ساعات	إجمالي بفارق 6 ساعات	س	إجمالي الأحمال	إجمالي بفرق ساعتين	إجمالي بفارق 4 ساعات	إجمالي بفارق 6 ساعات
12	2920	7320	3820	3420	2	5880	5880	6780	5380
1	2860	8260	4260	3360	3	5920	5920	6820	5420
2	2800	7200	6200	3300	4	5320	5920	6820	6420
3	2740	7140	7140	3240	5	4860	5960	6560	6860
4	2700	2700	6100	3600	6	5860	4960	5960	6860
5	3040	2640	7040	4040	7	6860	3960	5960	6860
6	3040	2640	7040	5040	8	7080	3580	5180	7080
7	5040	2640	7040	6040	9	8000	4000	4100	6700
8	6160	2760	2760	6160	10	8000	6000	3100	5100
9	5860	5160	2760	7160	11	8000	7000	3100	4100
10	6400	6300	2900	7300	الطاقة	127640	127640	127640	127640
11	6400	6300	4900	7300	الحمل المتوسط	5318.333	5318.333	5318.333	5318.333
12	5980	6880	5480	2480	معامل التحميل	0.665	0.644	0.744	0.729
1	5920	6520	5820	4420	القيمة الأقصي	8000	8260	7140	7300

من هذه النتائج نستطيع التوصل إلي التأكد التام من صحة – بل ضرورة – الربط الكهربي العام، إضافة إلي هذا نجد أن القيمة القصوي تنخفض بشدة إذا ما كانت الأحمال القيمة لفترة واحدة ولمدة قصيرة. هكذا أيضا يتحسن معامل التحميل مع أتساع الفارق الزمني بين الأحمال. ولما كانت هذه القراءات والنتائج توضيحية فكان من الهام إستكمال أوجه القصور والمزايا لجميع الأوضاع والحالات. هذا الوضع قد أصبح جليا مع استخدام الأحمال المتباينة (صناعية وتجارية وزراعية) وبقيم متفاوتة مما أدي إلي التأرجح والوضوح في تباين منحني الأحمال النهائي في كل حالة. هذا يمكن أن نرجعه إليأن فترات الذروة سوف تختلف عندما نتعامل مع التوقيت الموحد والمنسوب إلي خط طول جرينتش مما يجعل نفس المنحني الحملي متغيرا في بلد آخر أو علي خط طول آخر.

في النهاية نجد أن خطوط الطول الجغرافية تلعب دورا رئيسيا في تحسين أداء الشبكات الكهربية بصورة عامة، كما أنها تعطي الفرصة في الإستفادة من الطاقة المتوفرة نتيجة الربط الكهربي في التصنيع وإيجاد فرص العمل الجديدة بنفس الطاقة المتاحة وبدون



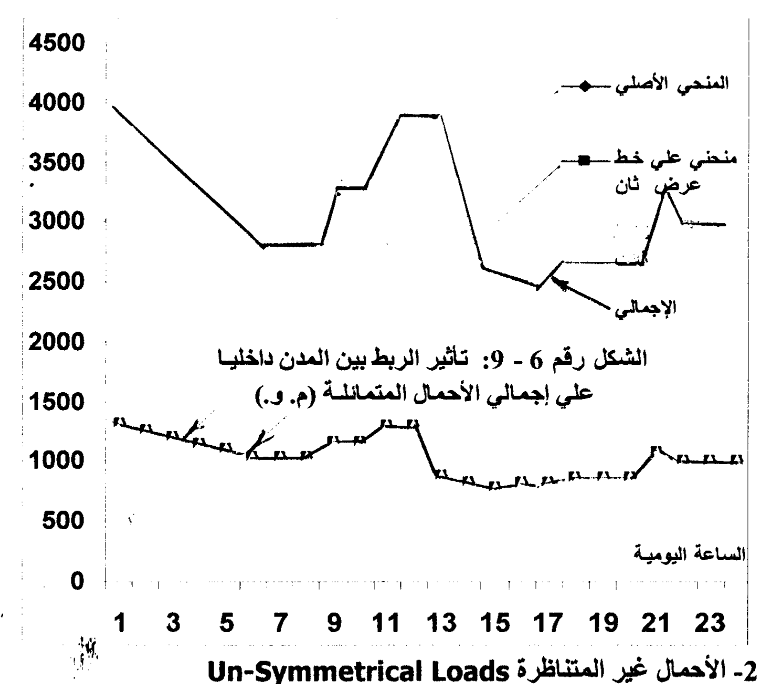
الشكل رقم 6- 8: تأثير خط الطول مع الأحمال غير المتماثلة (م. و.)

ثانيا: الربط الكهربي مع خط العرض Latitude

علي الخطوط الجغرافية المتعامدة
من الدراسة السابقة نستنتج أن خطوط الطول تلعب دورا مهما في الأحمال الإجمالية ويتبقي أن نتعرض للخطوط الجغرافية المتعامدة
عليها ألا وهي خطوط العرض. نظرا لعدم تأثير خط العرض علي التوقيت الزمني نقدم البحث عن تأثير خطوط العرض بنفس الأسلوب
السابق.

1- الأحمال المتماثلة Symmetrical Loads

نظرا لأن الأحمال متماثلة نأخذ الأحمال الأولية الواردة من قبل في الجدول رقم 6 ـ 1 ونقدم منها ثلاث احمال، حيث نعتبر أن كلا
منهم يمثل مدينة علي خط طول واحد بينما يتغير خط العرض. هكذا يقدم الشكل رقم 6 – 9 هذه الأحمال الأولية والنتائج الإجمالية،
حيث يبين من الشكل أن القيمة القصوي هي المجموع الجبري للقيم القصوي الثلاث. نلاحظ أيضا زيادة الحدة في التغير مما يشير إلي
العيب الواضح عند التعامل مع مثل هذه الظروف. من هذا الشكل ليست هُناك ضرورة كي نُقوم بعمليات الحساب للمعاملات المختلفة
لأن العيوب ظاهرة ولا تحتاج إلي عيوب علاوة علي أنه يمثل نفس النتائج الواردة في الجدول 6 - 1.



الشكل رقم 6 - 9: تأثير الربط بين المدن داخليا علي إجمالي الأحمال المتماثلة (م. و.)

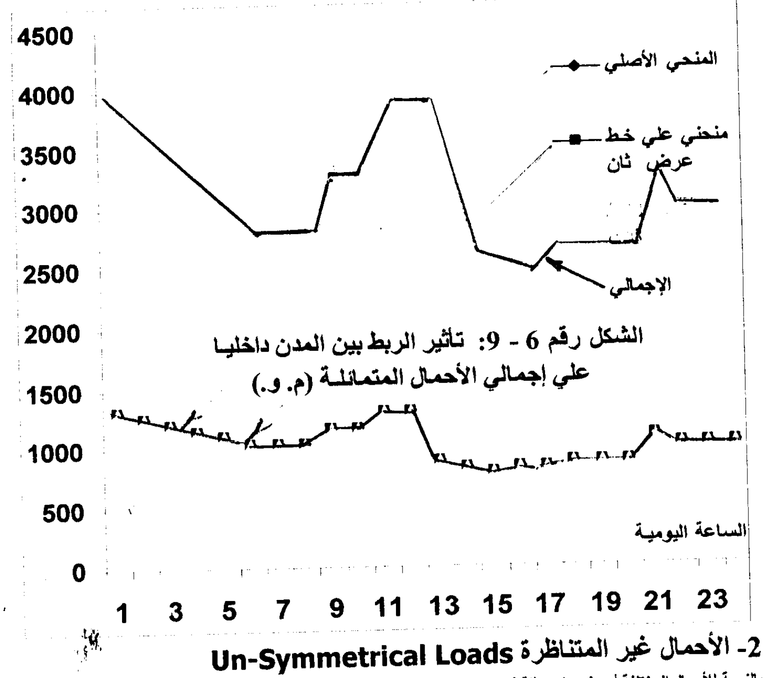
2- الأحمال غير المتناظرة Un-Symmetrical Loads

بالنسبة للأحمال المختلفة أي غير المتماثلة فهي تعبر عن الشكل رقم 6 – 2 والجدول 6 – 2 بالقيم المختلفة، حيث كانت هناك أحمالا صناعية وأخري تجارية بجانب تلك الزراعية للمدن الثلاث.

من هذا الشكل المشار إليه نضع اللمسات الأولية لأهمية الربط علي أساس خطوط العرض الجغرافية، علاوة علي الوضع الأساسي للتباين الجغرافي والمناخي نسبة إلي خطوط العرض. تنحصر مؤشرات هذا التباين المناخي في التغير بين الأحمال الشتوية والصيفية مما يؤدي إلي إختلاف جوهري بين الأحمال بناء علي خط العرض.

علي سبيل المثال نجد خط عرض الاستواء بحرارته الهائلة مناخيا وما يتبعه من ضرورة الإعتماد علي أحمال أجهزة التكييف وخاصة في الصيف وهو ما يجعل أن تظهر القيمة القصوي للأحمال في وقت النهار وليس الليل كما هو متعارف عليه في المناطق المعتدلة، ولا يقتصر هذا الوضع علي خط الإستواء بل علي كل خطوط العرض القريبة منه (الشكل رقم 6 – 10).

من الشكل رقم 6 – 10 نري أن الإطار العام للمنحني الإجمالي قد تحسن بشدة وأن أحمال التكييف النهارية قد عملت علي تعويض الأحمال الخفيفية للمدن المعتادة وهذا عادة ما يكون في المناخ الصيفي حيث أحمال التكييف للمدن قرب خط الإستواء. علي الجانب الآخر نري أن فصل الشتاء يتعرض لنفس المشكلة بل وقد تكون أكثر أهمية. ذلك أنه في فصل الشتاء للمدن القريبة من الدائرة القطبية تتعرض للمناخ البارد القارص وهو ما يزيد من الأحمال الكهربية اللازمة للتدفئة.



الشكل رقم 6 - 9: تأثير الربط بين المدن داخليا علي إجمالي الأحمال المتماثلة (م. و.)

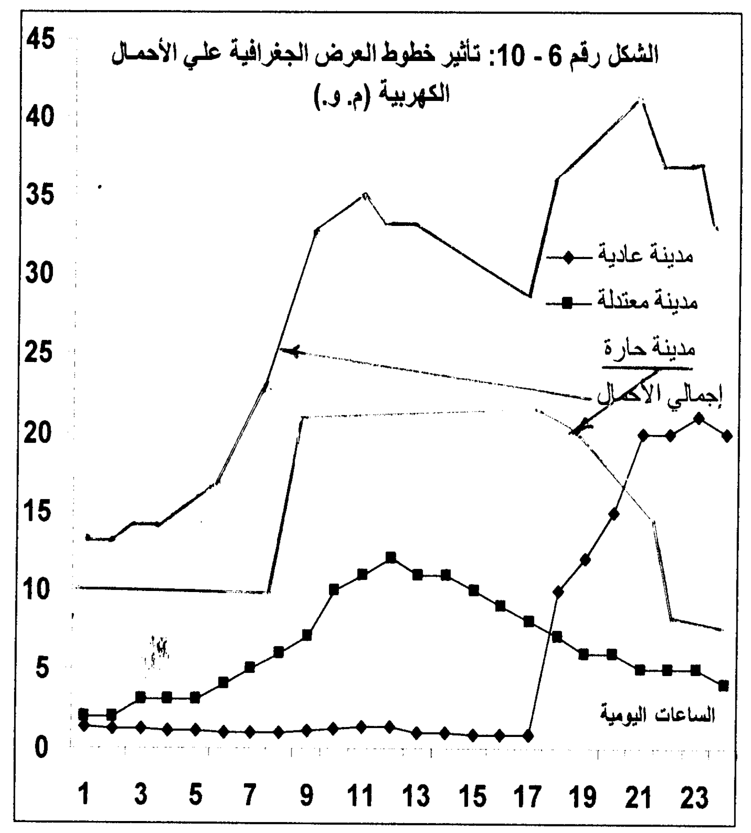
2- الأحمال غير المتناظرة Un-Symmetrical Loads

بالنسبة للأحمال المختلفة أي غير المتماثلة فهي تعبر عن الشكل رقم 6 – 2 والجدول 6 – 2 بالقيم المختلفة، حيث كانت هناك أحمالا صناعية وأخري تجارية بجانب تلك الزراعية للمدن الثلاث.

من هذا الشكل المشار إليه نضع اللمسات الأولية لأهمية الربط علي أساس خطوط العرض الجغرافية، علاوة علي الوضع الأساسي للتباين الجغرافي والمناخي نسبة إلي خطوط العرض. تنحصر مؤشرات هذا التباين المناخي في التغير بين الأحمال الشتوية والصيفية مما يؤدي إلي إختلاف جوهري بين الأحمال بناء علي خط العرض.

علي سبيل المثال نجد خط عرض الاستواء بحرارته الهائلة مناخيا وما يتبعه من ضرورة الإعتماد علي أحمال أجهزة التكييف وخاصة في الصيف وهو ما يجعل أن تظهر القيمة القصوي للأحمال في وقت النهار وليس الليل كما هو متعارف عليه في المناطق المعتدلة، ولا يقتصر هذا الوضع علي خط الإستواء بل علي كل خطوط العرض القريبة منه (الشكل رقم 6 – 10).

من الشكل رقم 6 – 10 نري أن الإطار العام للمنحني الإجمالي قد تحسن بشدة وأن أحمال التكييف النهارية قد عملت علي تعويض الأحمال الخفيفية للمدن المعتادة وهذا عادة ما يكون في المناخ الصيفي حيث أحمال التكييف للمدن قرب خط الإستواء. علي الجانب الآخر نري أن فصل الشتاء يتعرض لنفس المشكلة بل وقد تكون أكثر أهمية. ذلك أنه في فصل الشتاء للمدن القريبة من الدائرة القطبية تتعرض للمناخ البارد القارص وهو ما يزيد من الأحمال الكهربية اللازمة للتدفئة.



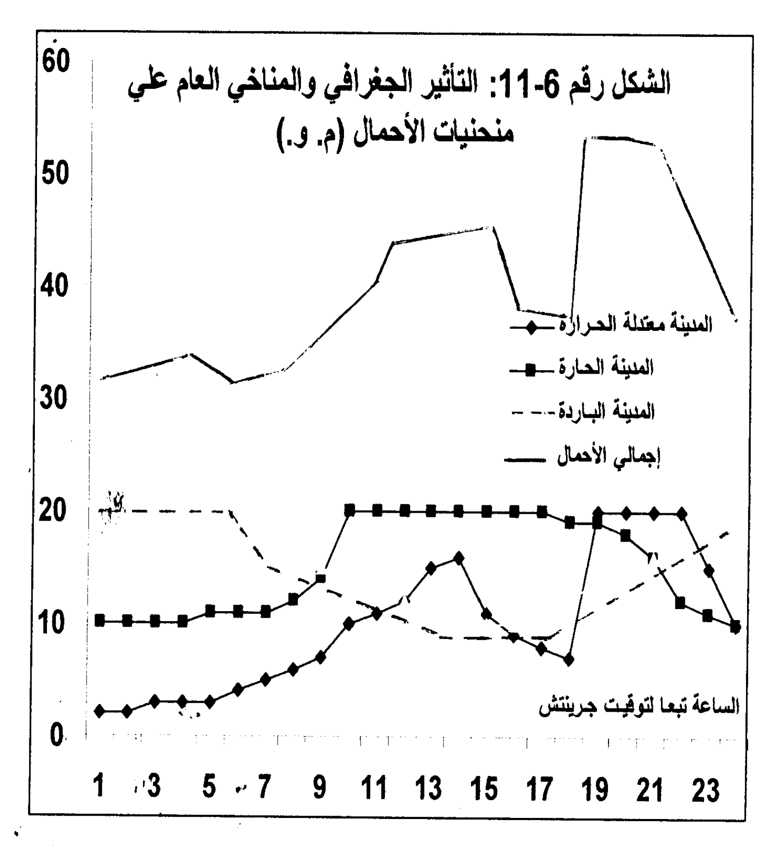
الشكل رقم 6 - 10: تأثير خطوط العرض الجغرافية علي الأحمال الكهربية (م. و.)

هذه الأحمال عادة ما تتركز في الفترة المسائية في المدن قليلة السكان مثل مناطق الإسكيمو (شمال قارة أوروبا) وسيبيريا (روسيا الإتحادية) في أقصي شمال الكرة الأرضية بينما تزيد نهارا وتظل مساءا في المدن والعواصم الكبري. هذا الموضوع يكون هاما إذا ما كانت عملية التدفئة تتم مركزيا من قبل الحكومة أو الشركات الخاصة مثل مدينة موسكو عاصمة دولة روسيا الإتحادية.

ثالثا: الربط الكهربي بخطي الطول والعرض Longitude & Latitutle

بعد أن تعاملنا مع كلا من خطي الطول والعرض كل علي انفراد، نبدأ الآن في دراسة الحالة العامة للربط عندما يكون الربط بين

مدينتين مختلفتين في كلا من خط الطول وخط العرض فمثلا نأخذ مدينة في أقصي الشمال حيث المناخ البارد شتاءا (مدينة رقم 1) وأخري عند خط الإستواء حيث الحرارة المرتفعة والجو الحار (مدينة رقم 2) مع أخري متوسطة (مدينة رقم 3). يأتي أولا الشكل رقم 6-11 لإجمالي هذه الأحمال الكهربية علي أساس أن هذه الأحمال عبارة عن أحمال لمدن علي خط طول واحد (نفس التوقيت الزمني)، بينما جاء الشكل رقم 6-12 بهذه القيمة الإجمالية للأحمال كما هي مقارنة مع إجمالي الأحمال - إذا ما كانت المدن الثلاث علي توقيت فارق زمني بقدر 4 ساعات - ومن ثم تم وضع إجمالي الأحمال طبقا لتوقيت جرينيتش لأنه في هذه الحالة لا يجمع بين أي منهم أي خط طول أو خط عرض علي أن تكون القيمة القصوي لكل منهم هي قيمة متساوية أو متقاربة.



الشكل رقم 6-11: التأثير الجغرافي والمناخي العام علي منحنيات الأحمال (م. و.)

من الجهة الأخري تم جدولة جميع القراءات والنتائج الواردة في الشكلين رقم 6-11 ورقم 6-12 في الجدول رقم 6-8 ، أما عن المعاملات الفنية الهامة لهذين المنحنين فقد تم إدراج نتائج الحسابات اللازمة لكل من منحنيات الأحمال الثلاثة الخاصة بالثلاث مدن متباينة المناخ في الجدول رقم 6-9 إضافة إلي المعاملات التي تخص منحنيات الأحمال الإجمالية في الحالتين للمقارنة. من النتائج المحسوبة نستطيع التعرف علي المزايا الجوهرية عند الربط الكهربي عموما، إعتمادا علي التباين في الموقع الجغرافي والتوقيت الزمني بجانب المناخ الجغرافي وما يتعلق به من عناصر الأحمال القياسية التي تدخل في الاعتبار كي نصل في النهاية إلي معامل إحتياطي فوق الوحدة عن الحالات المنفردة. نجد في المثال المطروح أنه قد أصبح لدينا فائضا قدره 13 % من الواقع الفعلي في ما لو كانت الشبكات مستقلة (أي غير مرتبطة معا في شبكة واحد).

علي الجانب الآخر تظهر أهمية هذا الإحتياطي من الطاقة والذي يتحول إلي توفير في الطاقة المستهلكة، أو قد يعود علي المجتمع بالخير من جهة الإستثمار المتاح بنفس القدرات الموجودة بجانب إتاحة فرص عمل جديدة للشباب. أما إذا ما كانت الدولة ترغب في الاستثمار المادي المباشر من خلال بيع الطاقة الكهربية للجيران المشتركين معا في شبكة واحدة فتكون الفرصة مهيأة لمثل هذا النوع من الإستثمار من خلال مراكز التحكم عند أطراف الربط الكهربي. يزداد هذا أهمية للدول التي يتوفر لديها المخزون اللازم من الطاقة كي تستغله مباشرة. كما أن الدول التي تشتري الخام من الوقود قد لا تحتاج إلي شرائه ثم نقله وما يترتب عليه من تكلفة قد يمكن توفير بعضها من خلال هذه المنظومة الكهربية للربط المشترك بين الدول.

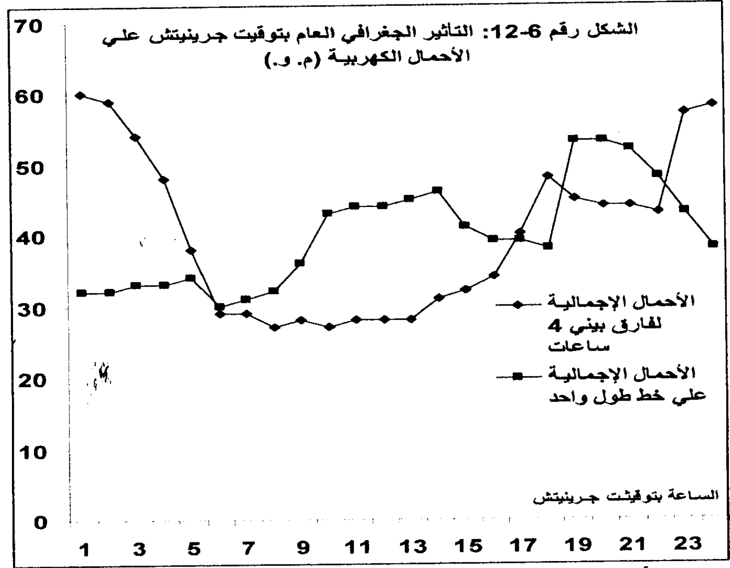
لا يتوف النفع الفعلي للدولة ـ أي دولة كانت سواء كانت منتجة للبيترول أو المواد الخام من الطاقة أو مستهلكة له علي حد سواء - عند هذه الحدود المالية بل يمتد إلي النواحي الفنية حيث أنه أصبح متاحا الإعتماد علي منابع التوليد الكهربي (محطات التوليد) في الدول الأخري، ومن ثم تكون هناك القدرة علي القيام بأعمال الصيانة علي أحسن وجه نتيجة الفائض الكهربي من الطاقة. علاوة علي ذلك فهناك مبدأ الإعتمادية الذي يرتفع تلقائيا لمجرد الربط بين الدول المشتركة بشبكاتها المحلية معا.

الجدول رقم 6-8: الأحمال الإجمالية تبعا للتأثير الجغرافي والمناخي العام (م. و.)

الساعة	مناخ المدينة			الأحمال الإجمالية		الساعة	مناخ المدينة			الأحمال الإجمالية	
	معتدلة	حارة	باردة	فارق بيني 4 س	خط طول واحد		معتدلة	حارة	باردة	فارق بيني 4 س	خط طول واحد
12	2	10	20	60	32	12	15	20	10	28	45
1	2	10	20	59	32	1	16	20	10	31	46
2	3	10	20	54	33	2	11	20	10	32	41
3	3	10	20	48	33	3	9	20	10	34	39
4	3	11	20	38	34	4	8	20	11	40	39
5	4	11	15	29	30	5	7	19	12	48	38
6	5	11	15	29	31	6	20	19	14	45	53
7	6	12	14	27	32	7	20	18	15	44	53
8	7	14	15	28	36	8	20	16	16	44	52
9	10	20	13	27	43	9	20	12	16	43	48
10	11	20	13	28	44	10	15	11	17	57	43
11	12	20	12	28	44	11	10	10	18	58	38

الجدول رقم 6-9: الأحمال الإجمالية تبعا للتأثير الجغرافي والمناخي العام (م. و.)

المعامل	مناخ المدينة			منحني الأحمال الإجمالي	
	معتدلة	حارة	باردة	فارق 4 س	خط طول واحد
الطاقة (م. و. س)	239	364	356	959	959
الحمل المتوسط (م. و.)	9.958	15.17	14.83	39.958	39.958
معامل التحميل	0.498	0.759	0.742	0.666	0.754
الحمل الأقصي (م. و.)	20	20	20	60	53
معامل التشتت	-	-	-	1.0	1.13
معامل الإحتياطي	1.0	1.0	1.0	1.0	1.13



الشكل رقم 6-12: التأثير الجغرافي العام بتوقيت جرينيتش علي الأحمال الكهربية (م. و.)

6 - 4: أنواع الربط الكهربي Types of Coupling

الربط الكهربي عبارة عن التوصيل الكهربي بين النقاط المختلفة لتوليد أو توزيع الطاقة الكهربية، مما يعبر عن توصيلات مضافة إلي التوصيل المباشر بين التغذية والتوزيع. هذا المبدأ يكون واضحا علي المستوي المحلي عندما يتم ربط المحطات ليس بالنظام الشعاعي (المحوري) بل عن طريق النظام متعدد التوصيلات (الوصلات)، ذلك الذي وصل في شكله النهائي بالمسمي "الشبكة الموحدة".

هنا نري أن التوصيلات "الربط" الكهربية المضافة ترفع من مستوي العول لتشغيل وأداء الشبكة ككل، كما نقوم عليها بالتشغيل محليا. من الجهة الأخري يأتي الربط الكهربي مماثلا تماما لهذه الحالة مما يدفعنا إلي العمل والإجتهاد نحو تفعيل الربط الكهربي بين الشبكات الموحدة الوطنية للدول المتجاورة. إضافة إلي هذا نجد أنه من الواجب علي العالم أجمع العمل من أجل الربط الكهربي معا في وحدة واحدة لأن ذلك سوف يضيف إلي المزايا العامة الرئيسية ميزة التوفير المالي المستهلك في نقل الوقود، أي أن نقوم علي التوليد بصفة مركزة أينما يتواجد الوقود (في الدولة التي تمتلك الوقود بسعر رخيص). بناء علي ذلك نضع الشرح لموضوع الربط الكهربي عموما علي محورين.

1- المحور الهندسي Engineering Axis

الناحية الهندسية من أهم العوامل التي قد تدفع الربط الكهربي قدما أو أنها قد تكبح عملية التوصيل في وقت محدد، لأن الربط الكهربي يمس موضوع استقرار الشبكة الكهربية الموحدة. كما أن الربط الكهربي يجب أن يكون بأقل تكلفة وهو ما يتم من خلال توصيل خط نقل بين طرفي شبكتين متجاورتين مثل الشبكة القومية المصرية والشبكة الوطنية الليبية (الشبكة المصرية وتلك الأردنية وكذلك الشبكة التونسية وليبيا).

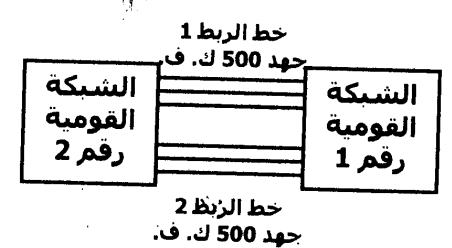
الشبكة القومية رقم 2 — خط الربط — الشبكة القومية رقم 1

الشكل رقم 6 – 13: خط الربط المفرد

يدخل في دراسة الجدوي مستوي الجهد الكهربي للخط الرابط بين الشبكتين (كل شبكتين متجاورتين)، وهو ما يتسبب في تحديد مستوي الربط بالكيلوفولت. إضافة إلي هذا من الممكن إعتبار هذا الربط الكهربي كعملية استثمارية نتيجة بيع وشراء الطاقة الكهربية بين الدول المشتركة في شبكة موحدة وليس بالضرورة أن تنقل الطاقة إلي الدولة المجاورة لإستهلاكها بها بل من الممكن أن تكون الدولة وسيطا لنقل الطاقة الكهربية من الدولة المتجاورة من جهة إلي تلك المجاورة من الجهة الأخري. عادة يتم إختيار الجهد الكهربي للربط الكهربي علي أن يكون أعلي جهد للخطوط العاملة في الشبكتين، ونظرا لأهمية موضوع الربط الكهربي نضع نظامين لهذا الربط هندسيا علي النحو التالي:

أولا: الربط المفرد Single Coupling

عندما تبدأ مشروعات التنفيذ لخطوط الربط الكهربي من خلال منظومة الربط المفرد يجب أن يكون جهد خط الربط علي أكبر جهد عامل بالشبكة، علاوة علي أن الربط تمهيديا يكون بمنظومة خط الربط المفرد، حيث يعرض الشكل رقم 6 – 13 المنظر العام للربط بين شبكتين موحدتين.



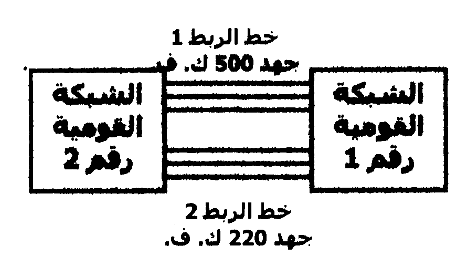
الشكل رقم 6 – 14: الربط المزدوج وحيد الجهد

ثانيا: الربط المزدوج Double Coupling

علي الجانب الآخر عندما تكون هناك الرغبة في دعم الربط

الكهربي بهدف رفع قيمة الإعتمادية لتشغيل الشبكة الكلية الموحدة، يكون من الهام إنشاء وسيلة أخري أو طريق آخر غير ذلك الربط المفرد. إن الوسيلة المزدوجة للربط الكهربي بين الشبكات الموحدة تعتبر من أفضل السبل للربط الكهربي الجيد وهو إما أن يكون علي مستوي جهد واحد للرابطين(الشكل رقم 6-14) وهو ما يمكن تسميته "الربط المزدوج وحيد الجهد" أو علي مستويين مختلفين كما في الشكل رقم 6-15وهو ما يسمي "الربط المزدوج مزدوج الجهد".

جدير بالذكر أن الجهد الأعلي هو الأفضل ولكننا نلتزم بأقل تكلفة لأنشاء خط الربط ومن ثم يكون الإختيار من أعلي جهد بين البلدين ممثلا لأعلي جهد في الشبكة الوطنية ذات الجهد الأقل. هذا يعني إذا ما كانت بها 500 ك. ف. والأخري بها أعلي جهد بقيمة 220 ك. ف. فيتم إختيار الجهد 220 ك. ف. كجهد ربط. هذا الأسلوب يقدم توفيرا هائلا بديلا عن تكلفة إنشاء الخط الجديد بالجهد الأعلي. ولكن مع الإستمرارية يمكن التحول من هذا الجهد إلي الأعلي لأن الجهد الأعلي هو الأفضل إقتصاديا. إن الجهد الأعلي يسمح بتيار أقل وتكون الطاقة المفقودة أقل من حيث المبدأ إلا إذا كانت الأسعار تعطي وضعا آخر كأفضل الحلول هندسيا.



الشكل رقم 6 – 15: الربط المزدوج مزدوج الجهد

2- المحور السياسي Political Axis

عادة تنشأ الخلافات السياسية بين الدول وتكون إحتماليات هذه الخلافات مع الدول الفقيرة أو النامية أو حتي تلك المتنامية، كما أنها قد تظهر هذه الخلافات أيضا بين أحد الدول الفقيرة وتلك المتقدمة. التاريخ القديم والمعاصر يؤكدان علي حقيقة هذا الأمر مما يدعونا من وجهة النظر الهندسية إلي تأمين العمل الدائم هندسيا للربط بين الشبكات دون النظر إلي ظهور مثل تلك الخلافات أو أحيانا تلك الصراعات، ومن ثم يجب من منطلق الهندسة العامة أن تتوفر في بناء تلك الشبكات الخاصة بالربط بين الدول وسائل العمل الدائم بغض النظر عن المواقف السياسية التي قد تلاحق أي من الدولا لمشتركة في شبكات الربط الكهربي.

تأمين تشغيل شبكات الربط الكهربي يمكن أن يتم من خلال عددا من الوسائل التي قد نتناول أسسها في النقاط التالية. لا يفوتنا أن نري من هذا المنطق أن السلبيات الخاصة بالربط الكهربي قد تنحصر أساسا وبصفة جوهرية في هذه النقطة والتي تمثل عنصرا من عناصر مقومات إنشاء الشبكات الكهربية المتحدة. هذا يتضمن الربط بين الولايات المختلفة داخل الدولة الواحدة أو الربط بين الدول المشتركة المتجاورة أو حتي تلك التي يفصل بينها البحار والأنهار، وهي كلها وسائل نافعة للبشرية بشكل عام ومساعدا للتقدم والتنمية بشكل خاص.

تتفاوت المراكز والمواقع السياسية للدول كل حسب الأوضاع المستقرة والسلام المتبادل بين كل دولة وجارتها، كما أن التباين بين كل الدول قد يطغي في بعض الحالات علي أية تقديرات أو توقعات ومنها ما هو في غير الحسبان. إنطلاقا من هذا المبدأ يكون علي الحل الهندسي لتصميم شبكات الربط وأسلوب التحكم في سريان الطاقة وأدوات الحسابات الآلية في ما بين هذه الدول معا أن يعطي الأمل في تلاشيها مع زيادة تأثير وسائل التشجيع علي الإستمرار في شبكات الربط بعيدا عن أية أوضاع أو خلافات سياسية.

أولا: الربط الآمن Safe Coupling

المقصود بالربط الآمن هو ذلك الربط الذي يتوفر فيه كل العناصر التي تجعله نافعا للجميع، وهذا ما تم بيانه وشرحة في البنود السابقة من هذا الفصل. علاوة علي ذلك نجد أن الربط يكون آمنا إذا ما كان نافعا من من وجهة النظر الإقتصادية أو بالمعني الأصح الإقتصاد القومي لكل دولة، بهذا يجب أن توضع التعاقدات الفنية والهندسية والإقتصادية عند الإنشاء علي أساس الإلتزام في تشغيل شبكة الربط حتي بظروف الحرب أو أية أوضاع سياسية. أن هذا يعطي الفرصة لأداء الشبكات بكامل طاقتها وبأعلي معدلات النفع للجميع – نافع ومنتفع – مما يخرج هذه الشبكة خارج إطار المزايدات السياسية.

كما سبق الشرح من أن الربط قد يكون بين الدولتين مزدوج الطابع مزدوج الجهد تأمينا للعمل علي الجهد الأعلي،بصفة دائمة بينما عند الأعطال الفنية نتجه إلي الجهد الأقل، أو بالعمل علي الرابطين إذا ما كانت القدرة المنقولة تحتاج هذا، أو بالعمل الدائم علي الجهدين للتشغيل الإقتصادي للشبكة المشتركة بالربط. إن هذا المنطلق يمثل المحور الآمن للربط من وجهة النظر الهندسية بينما في السطور عالية كانت تمثل وجهة النظر الإقتصادية الآمنة.

ثانيا: الربط الشامل General Coupling

عند التعامل مع الربط الآمن تحدثنا عن الناحتين الإقتصادية والهندسية بينما نحتاج إلي وجهة النظر السياسية وهي عندما تتفاقم الأمور وما يليها من تداعي علي كافة الأصعدة فتكون هناك الحاجة الماسة لتغطية هذه الأوضاع وهو ما يكمل الربط الآمن. ذلك أننا نتحدث عن الربط الشامل، بمعني أن يتم التعامل بأقصي درجة أمان لضمان التشغيل الدائم للشبكات الكهربية المرتبطة معا. نستطيع التعامل مع هذا المبدأ هندسيا بالرغم من أنه محورا سياسيا. ذلك انه يمكننا تقليل معامل الخطورة نتيجة الظروف السياسية الدولية وخاصة في القرن الحادي والعشرين وما شاهدناه وما سوف نراه مستقبلا.

إن التوافق الهندسي لتغطية هذا المحور السلبي في الربط الكهربي قد يتم بنفس المبدأ الهندسي التقني الخالص للربط الواحد بين دولتين من خلال النظم التي طرحت في البند السابق من هذا الفصل (الشكل رقم 6-125). هكذا نستطيع التغلب علي هذه المصاعب وتذليلها بقدر المستطاع، حيث يتم الربط هندسيا بالأسلوب الآمن والشامل والموضح بالشكل رقم 6-16.

الشكل رقم 6 – 16: الربط هندسيا بالأسلوب الآمن

الشبكة القومية رقم 1
الشبكة القومية رقم 2
خط الربط 1
خطي الربط 2 & 3
الشبكة القومية رقم 3

من هذا الشكل نري أنه في الحالات الطارئة وليس فقط في الحالات السياسية بل أيضا في الحالات الهندسية ذاتها، أنه يمكننا نقل الطاقة الكهربية بين الدولتين 1 & 2 بصفة دائمة عن طريق الخطر الرابط رقم 1 بينما في الحالات السياسية الطارئة إذا ما كان هناك خلاف قد تطور إلي حد تشغيل الشبكة الرابطة يمكننا الإنتقال إلي الدولة رقم 3 من خلال خطي الربط رقم 2 & 3، ومن ثم يتقلص معامل الخطورة إلي أدني درجة بينما يرتفع معامل الإعتمادية بشكل حاد. نود إضافة أن هذا الربط الشامل الجديد سوف يساعد بشكل فعال في تحسين مستوي الأداء للشبكات الكهربية بصفة دائمة ويعتبر إضافة فنية جيدة من جهة التشغيل بالرغم من زيادة التكلفة في هذه الحالة الأخيرة.

من الناحية الأخري يمكننا تقليل التكلفة إذا ما تم التحول من نظام الربط المزدوج مزدوج الجهد إلي نظام الربط الشامل مما يعطي نفس التكلفة للدول المشاركة في الربط الكهربي ككل.

6 - 5: الربط الكهربي العربي Arabic Electric Coupling

تعتمد الدول الآن علي التكتلات الإقتصادية سواء كانت هذه الدول متقدمة أو صناعية كبري أو حتي نامية أو متنامية، ولهذا يمكن الدخول إلي نطاق من خلال منظومة التكتلات الإقتصادية. كما أن الكهرباء تعتبر سلعة محورية كنوع من أنواع الطاقة بل وقد تكون أهمها علي وجه الإطلاق بالنسبة للفرد العادي (المستهلك). لما كانت الدول العربية (الشكل رقم 6 – 17) والقومية العربية هدفا إستراتيجيا للعرب عموما يكون من الواجب عليها أيضا كما تقوم علي تفعيل وتنشيط السوق العربية المشتركة يكون أيضا واجبا مقدسا وقبل ذلك انشاء وتنشيط الشبكة الكهربية العربية الموحدة.

الشكل رقم 6 – 17:
خريطة الوطن العربي

أولا: الشبكة الكهربية الموحدة Arabic Network

يمتلك الموقع العربي عددا من المزايا المحورية وهي التي تضفي عليه من الأهمية البالغة للتحرك نحو الربط الكهربي العام معا. ذلك أن العالم العربي له من المواصفات الثابتة الموحدة علي وجه التقريب، فمثلا اللغة واحدة والعادات والتقاليد متشابهة تكاد تكون تكرارية. إضافة إلي ذلك نجد أن الموقع الجغرافي مثاليا ولا مثيل له، ومن ثم نحتاج إلي التقييم والتعليل لأهمية الإلتحام الكهربي، خصوصا وأن كل دولة من الدول العربية لها شبكة وطنية مستقلة قوية ومتشابكة. من هنا تأتي الأهمية للربط الكهربي علاوة علي التغير الشاسع في التوقيت الزمني تبعا لتوقيت جرينيتش كما سبق القول.

تتمتع الدول العربية (طبقا للخريطة الجغرافية المبينة في الشكل رقم 6- 17) معا باتساع الفارق الزمني بين أقصاها شرقا إلي أقصاها غربا، ففارق خط الطول عند أقص الشرق برأس الجند شرقا بخط طول °60 شرقا بسلطنة عمان (في قارة آسيا) إلي خط طول °17 غربا بالرأس الأبيض بالصحراء الغربية (غرب قارة أفريقيا)، وهو ما يعني ما يقرب من 60 + 17 = °77 فارق بين خطوط الطول أي ما يقرب من 6 ساعات فارق زمني. إن هذا يعني أن الإستفادة من فارق خط الطول سيكون كبيرا من حيث المبدأ. علي الجانب الآخر نجد أن هناك تفاوتا بين خط العرض من أقصي الشمال عند الحدول السورية علي خط عرض °37.5 تقريبا وحتي النهايات الجنوبية للعالم العربي حيث الحدود السودانية بالقرب من خط عرض °3 شمالا. أي أن الإستهلاك الكهربي يبدأ من الجوار لخط الإستواء حيث الحرارة الشديدة وحتي أقصي الشمال بالقرب من جنوب أوروبا حيث البرودة القارصة.

هذا يقدم المزايا العديدة والسابق شرحها بالتفصيل في البنود السابقة من هذا الفصل مما يدعونا إلي المضي قدما وبسرعة بالغة لتطبيق أنظمة الربط الكهربي معا إلي أن تصبح المساحة العربية من الكرة الأرضية شاملة لشبكة كهربية موحدة عربية وبها كل المزايا والقواعد الفنية والهندسية والمالية لتحقيق التعامل التقني والمالي علي أرض الواقع. كما أنه من الهام التعرض لنقطة الربط الكهربي علي المحور المزدوج بين كل ثلاث دول كما سبق بيانه في الشكل رقم **6 – 16**.

جدول رقم 6-10 : معامل الترابط الجغرافي للطاقة لمحافظات مصر عام 1980

المحافظة	الطاقة	نسبة الطاقة	السكان	نسبة السكان	معامل الترابط الجغرافي
القاهرة	2812	22.4	5084	13.9	8.5
الإسكندرية	1599	12.7	2219	6.3	6.4 -
بور سعيد	87	0.7	263	0.7	0
السويس	396	3.2	194	0.5	2.7 -
الإسماعيلية	98	0.8	352	0.9	0.1
البحيرة	422	3.4	2545	6.9	3.5
دمياط	120	1	577	1.5	0.5
كفر الشيخ	128	1	1403	3.8	2.8
الغربية	353	2.8	2294	6.3	3.5
الدقهلية	598	4.9	2733	7.5	2.6
الشرقية	262	2.1	2621	7.1	5
المنوفية	180	1.4	1711	4.7	3.3
القليوبية	91	0.7	1674	4.6	3.9
الجيزة	1090	8.7	2419	6.6	2.1 -
الفيوم	91	0.7	1140	2.1	1.4
بني سويف	66	0.5	1109	3	2.5
المنيا	149	1.2	2056	5.6	4.4
أسيوط	116	0.9	1695	4.6	3.7
سوهاج	119	0.9	1930	5.3	4.4
قنا	2026	16.1	1706	4.7	11.4
أسوان	1744	13.9	620	1.7	12.2
البحر الأحمر	8	0.06	76	0.2	0.14
الوادي الجديد	4	0.03	57	0.2	0.17
مطروح	5	0.04	113	0.3	0.26
سيناء	2	0.02	10	0	0.02 -
إجمالي	12566	100	36681	100	

بناء علي هذا فقد سجل الجدول رقم 6-10 هذا المعامل للمحافظات المختلفة في مصر عام 1980، حيث ظهرت الخريطة الجغرافية لجمهورية مصر العربية في الشكل رقم 6 – 18.

نظرا لأن المحافظات المصرية في الوجه القبلي قد ظهرت في الخريطة هذه واضحة ولم تظهر محافظات الوجه البحري لكثرتها، ولهذا جاء الشكل رقم 6 – 19 بالمحافظات المصرية في الوجه البحري. جدير بالذكر بأن القراءات التي جاءت في الجدول رقم 6-10 قد تحددت علي أن التعداد السكاني (بوحدات ألف نسمة) يتم كل عشرة سنوات وهو ما يُنجْل هنا عن العام 1976 كما أن هذا المعامل قد يأخذ الصفة الموجبة أو السالبة بناء علي مستوي الكثافة الاستهلاكية للطاقة في كل موقع والمسجلة في الجدول بوحدات مليون ك. و. س. *(M kWH)*.

جدير بالذكر أن النمو الاقتصادي الذي تشهده مصر وليبيا في الفترات الأخيرة يظهر من الجدول التالي رقم 6- 11 والمجدول لنفس القراءات السابقة في عام 1986 وتبعا لآخر تعداد وهو في هذه الحالة لذات العام.

جدول رقم 6-11 : معامل الترابط الجغرافي للطاقة لمحافظات مصر عام 1980

المحافظة	الطاقة	نسبة الطاقة	السكان	نسبة السكان	معامل الترابط الجغرافي
القاهرة	6140.32	23.35	6053	12.6	10.75 -
الإسكندرية	3270.71	12.43	2917	6.1	6.33 -
بور سعيد	236.6	0.9	400	0.8	0.1 -
السويس	558.33	2.12	327	0.7	1.42 -
الإسماعيلية	425.01	1.6	544	1.1	0.5 -
البحيرة	1015.23	3.86	3257	6.8	2.94
دمياط	285.55	1.08	741	1.5	0.42
كفر الشيخ	323.87	1.23	1800	3.7	2.47
الغربية	822.49	3.13	2871	6	2.87
الدقهلية	1243.98	4.73	3500	7.2	2.47
الشرقية	959.62	3.65	3420	7.1	3.55
المنوفية	458	1.74	2227	4.6	2.86
القليوبية	1313.8	5	2514	5.2	0.2
الجيزة	1681.3	6.39	3700	7.7	1.31
الفيوم	325.9	0.86	1544	3.2	2.34
بني سويف	214.8	0.82	1443	3	2.18
المنيا	474.1	1.8	2648	5.5	3.7
أسيوط	434.77	1.65	2223	4.6	2.95
سوهاج	422.8	1.6	2455	5.1	3.5
قنا	3623.43	13.78	2252	4.7	9.08 -
أسوان	20.40.82	7.76	801	1.7	6.06 -
البحر الأحمر	36.12	0.14	90	0.2	0.06
الوادي الجديد	17.5	0.066	114	0.2	0.134
مطروح	22.6	0.86	161	0.3	0.214
شمال سيناء	40.2	0.15	172	0.4	0.25
جنوب سيناء	6.6	0.025	29	0.1	0.075
الجملة	26294.86	100	48205	100	

هذا المعامل يعبر بجلاء عن تطور الطاقة الكهربية في كل موقع ونسبته إلي الطاقة الكلية بالشبكة الموحدة وهو الموضوع ذو الصلة المباشرة بمنحنى الأحمال، ومن هذا المنطلق نحتاج إلي دراسة هذا المعامل تحديدا عند التعرض لأمر التخطيط المستقبلي للمجتمعات العمرانية الجديدة كي نضع كل الاعتبارات عند تصميم المحطات المضافة إلي الشبكة ويكون عندئذ مؤسسا علي منحنيات الأحمال وهو ما يعطي لنا الفكرة الجوهرية لأهمية منحنيات الأحمال علي وجه العموم.

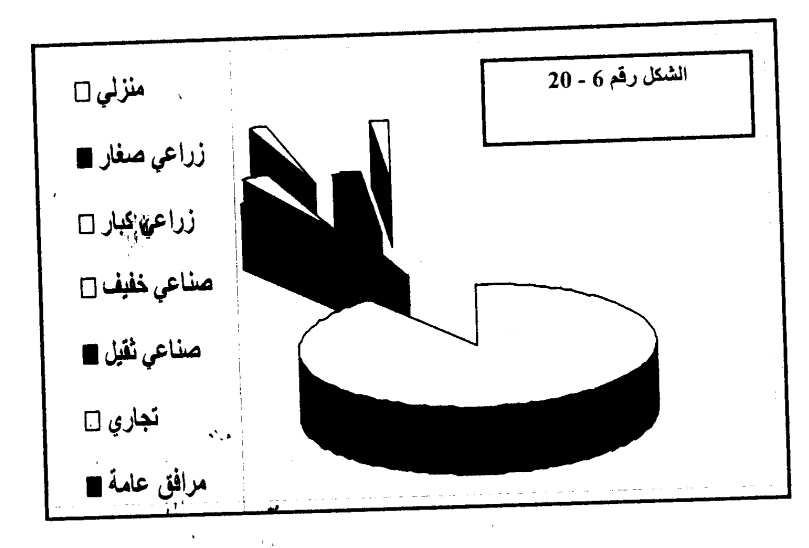
كما أن الربط الكهربي بين مصر وليبيا قد تم علي الجهد 220 كيلو فولت بل وتم تبادل الطاقة بين البلدين ففي عام 2004 كانت الطاقة المارة إلي ليبيا هي 195 جيجاوات ساعة بينما الطاقة المارة في اتجاه مصر فقد كانت 97 جيجاوات ساعة وعلي الجانب الآخر نجد أن الربط بين ليبيا وتونس قد تم أيضا علي نفس الجهد 220 كيلو فولت وقد مرت الطاقة في اتجاه ليبيا بقيمة 32 جيجاوات ساعة في عام 2004 وتتم حاليا الدراسة للربط بين الدول (مصر- ليبيا – تونس – الجزائر – المغرب) علي الجهد 400 كيلو فولت، كما يظهر

من الشكل رقم 6 – 20 نسبة عدد المشتركين بالشبكة الليبية للكهرباء خلال العام المحدد 2004 (التقرير السنوي 2004 – الشركة العامة للكهرباء - ليبيا).

6 - 6: الربط الكهربي الدولي World Electric Coupling

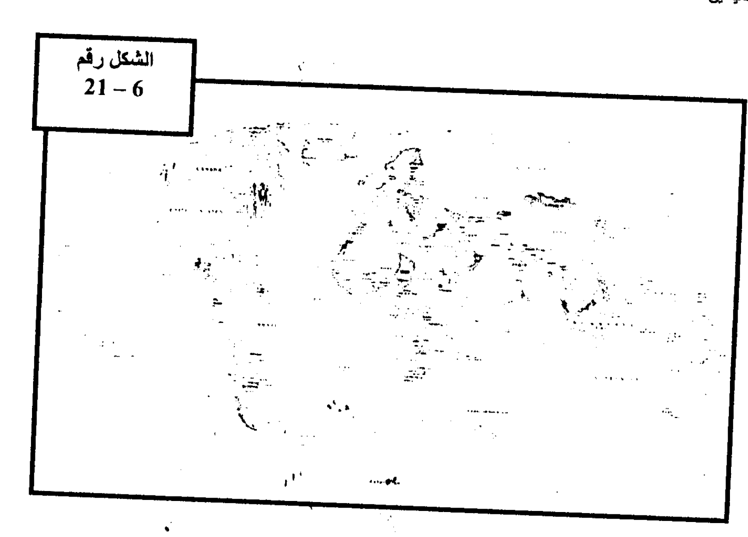
ننتقل الآن إلي النظرة العامة والشاملة دوليا حيث نجد أن أنماط الإستهلاك الكهربي تختلف بين الدول النامية وتلك المتقدمة، إضافة إلي التباين الإجتماعي والديني بين الدول المختلفة. هذا الوضع يضيف من المزايا السابق ذكرها عن الربط الكهربي فنجد أن الغالبية العظمي من الدول العربية تتعامل بشك خاص مع الدين وأن الدين الأوسع إنتشارا فيها هو الدين الإسلامي. علي الجانب الآخر نجد أن الدول الغربية مجتمعة تجمتع في مجملها علي الدين المسيحي واليهودي، وتبزغ المزايا المضافة فالاسلاميون يتبعون الأجازة الأسبوعية لتكون يوم الجمعة أما المسيحيون فأجازتهم هي الأحد، نضيف أيضا الأجازة اليهودية والتي تتمثل في يوم السبت. من هذا التباين تجلوا أمامنا الأمور الهامة في الأحمال الكهربية حيث نجد أيام العطلة تأخذ نمطا مخالفا في الأحمال اليومية عن بقية أيام العمل، وبالتالي نجد أن الدمج بين هذه الدول سوف يتيح الفرصة لإستغلال الطاقة العاطلة (نتيجة العطلة) في الدول التي تعمل يوما عاديا. من المزايا المضافة أيضا تكون تقليل تكلفة نقل الوقود إلي الدول المنتجة للطاقة الكهربية، سواء كانت هذه المحطات حرارية أو نووية. ذلك لأن المحطات الهيدومائية لا تستهلك أي وقود، مما يجعلنا نتوجه إلي توفير الوقود (البترول أو الفحم). هكذا سوف ينتعش السوق العالمي لبيبع وشراء الطاقة الكهربية مباشرة، وهو ما يمثل بورصة بيع الكهرباء دوليا.

توضح الخريطة المعطاه في الشكل رقم 6 – 21 الفارق العائل بين خطوط الطول بين أقصي دول الشرق في شرق أستراليا وحتي أقص غرب قارة أمريكا. هذا يعني أن الطاقة القصوي (القدرة الأقصي) سوف تنخفض بشدة نتيجة الفارق الزمني الدائم بين الدول والتي سوف تصبح جميعها متتالية زمنيا (الجيرة الدولية).



بعد النظر إلي الكرة الأرضية في الشكل رقم 6 – 21 نستطيع التصور بمدي الفائدة الكبري التي سوف تعود علي رخاء العالم ورفاهيته من مجرد إجراء الربط الكهربي علي المستوي العام الدولي والذي يتضح معه أن النهار علي طرفي الكرة الأرضية بينما باقي الأرض نهارا والعكس بالعكس، لهذا يتوجب علي القادة السياسيين أن يعملوا بجد وصبر لتحقيق هذا الهدف من أجل رفاهية الشعوب جميعا.
إن الفارق بين أول اليابس وآخره يصل من +180° حتي -170° تقريبا وهو ما يشجع علي المضي قدما في مثل هذا المبدأ. قد يتساءل البعض عن مدي إمكانية الربط من الناحية الهندسية بين قارتي أوروبا وأمريكا الشمالية أو أفريقيا وأمريكا الجنوبية أو أيضا بين قارتي آسيا وأمريكا الشمالية أو كيف الربط بين أستراليا وآسيا، والرد يكون سهلا لأنه هناك من النظم المتاحة من الكابلات البحرية التي يمكننا الإستفادة منها في مثل هذا الواقع. كما يمكن أيضا أن نسمع عن عدم إمكان التنفيذ لمسافات طويلة إلا أننا من حيث المبدأ متأكدين من أن الحلول الهندسية لمثل هذه التطبيقات ممكنا مع شيء من التركيز علي الهدف.
الفوائد تتعدد ويمكن أن تصل إلي حد زيادة المخزون من الطاقة البترولية إضافة إلي زيادة مستوي الإعتمادية للتشغيل الأمثل للشبكة الكهربية الدولية الموحدة. أفلا نبدأ جميعا وفي مقدمة المسيرة الدول المتقدمة بل وبقيادة من الدول الصناعية الكبري، ونحن جميعا من البشر علي البسيطة سوف نكون المنتفعين. البائع للطاقة من الدول المنتجة والشاري من الدول المستهلكة للطاقة.
علاوة علي هذا يجب التوجه إلي القيمة الكبري المضافة في هذا الصدد حيث نجد أن إنتاج الطاقة يتعاظم من خلال محطات توليد الطاقة الكهربية النووية، أي تلك المحطات التي تعمل بالوقود النووي، وهو ما يسوف يؤدي إلي توفير عنصر السلامة والأمان ليس من جهة تشغيل المحطات فحسب بل ومن ناحية التخلص من تواجد أي إحتمال لإنتاج الأسلحة النووية، بل وعلي أسوأ تقدير منع إنتشاره. هذا يدعم فكرة أن السلام لا بد وأن يسود العالم ولا بد من العمل سويا علي ذلك في جميع المجالات بل ومن خلال كل الميادين الممكنة هندسيا أو إقتصاديا أو غير ذلك، وهذا من الممكن أن يتحقق أيضا من خلال الشبكات الكهربية المرتبطة دوليا معا.

الشكل رقم
21 – 6



تطبيقات متنوعة VARIOUS APPLICATIONS

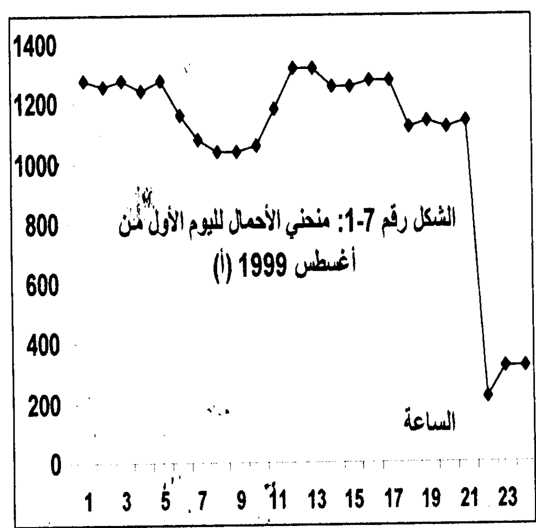
بعد التعرف علي ماهية الأحمال الكهربية وكيفية نشأتها وطرق تطويرها والتفاعل معها هندسيا نجد أنه يلزمنا عددا من المحاور الجوهرية التي تضفي علي الموضوع المعني التنفيذي لكل هذه المعطيات. ذلك علي الرغم من أن موضوع الأحمال الكهربية لا يوضع عادة في الإعتبار كمحور رئيسي للتصميم الكهربي والتخطيط العام سواء المعماري أو التعميري. كذلك يجب أن نتوقف عند موضوع الأحمال الكهربية من خلال منحنيات الأحمال اليومية كي نتمكن من إستطلاع مدي التغير الحادث عليها سواء كان ذلك محليا أو عربيا أو دوليا. هذا التغير يفيد بشكل مباشر الشكل الشامل أو الإطار العام لمنحنيات الأحمال في كل الحالات الخاصة منها أو العامة وتحت كل الظروف.

7-1: أحمال نمطية Standard Loads

نبدأ دراسة الأحمال النمطية (الشكل رقم 7-1) من الجدول رقم 3- 5 الذي قدم الأحمال الكلية بوحدات (الأمبير) خلال الثلث الأول من شهر أغسطس 1999 وكذلك الجدول رقم 3- 6 الخاص بالثلث الأوسط ثم الجدول رقم 3-7 بنفس الفصل وهو المحدد للأحمال الكلية بوحدات (الأمبير) أواخر شهر أغسطس 1999 كما جاء من قبل في الفصل الثالث بهذا الكتيب. نعمل هنا بوضع نقاط محددة للتحليل الهندسي في البنود التالي:

أولا: تطور منحنيات الأحمال Development of Load Curves

التطور عموما يقدم الخلاصة والتوصيات الأساسية بناء علي التحليل الرياضي والهندسي والذي يتم بناء علي قواعد علمية ومنطقية فنجد أن منحنيات الأحمال لها الطابع المعتاد والمتثل في كل القراءات السابقة والحالية والتي تفهم مباشرة من خلال القراءات الخاصة بمنحنيات الأحمال.



الشكل رقم 7-1: منحني الأحمال لليوم الأول من أغسطس 1999 (أ)

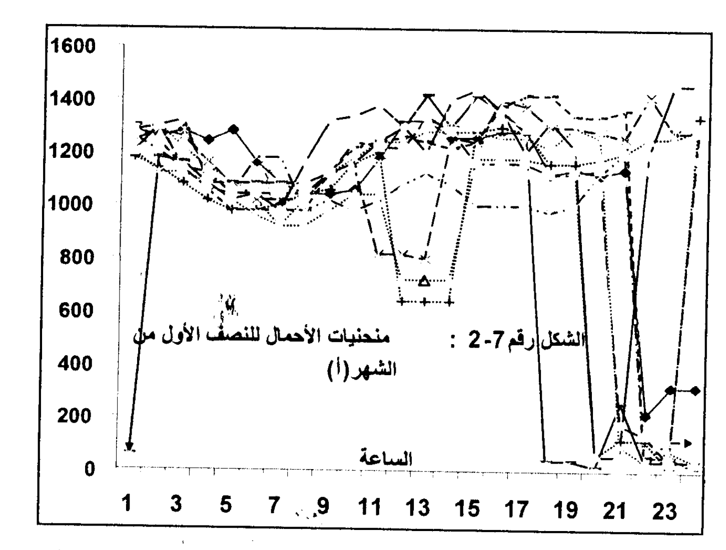
إنطلاقا من هذه النقطة يكون من الهام بالنسبة لنا أن نتناول الموضوع بشكل مختلف عن ذي قبل حيث يدخل العامل الإحصائي في الدراسة ومن ثم نحتاج إلي نظرة موضوعية كما سوف نراها في السطور القادمة من هذا الفصل. جدير بالذكر بأننا سوف نتعامل مع نفس القراءات الفعلية والتي سبق حصرها في الفصل الثالث من هذا الكتيب.

من هذه القراءات النمطية لمدينة ذات طابع تجاري في مصر لمدة شهر نستطيع أن نراها مجتمعة علي شكل موحد كما في الشكل رقم 7- 1 لأول يوم من منحنيات الأحمال وهو الإطار النمطي للحمل اليومي بهذه المدينة الساحلية في أعلي

شهور السنة تحميلا لأنها مدينة مصيف سواء للمصريين أو الأجانب. بالمثل فهذه المدينة أيضا بها أحمالا صناعية عالية ويظهر ذلك من القراءات التي سجلها الفصل الثالث من هذا الكتاب حيث الأحمال العالية المستديمة لفترات عديدة خلال الأربع والعشرين ساعة. جدير بالذكر أن هذه الأحمال سوف تتم دراستها ليس فقط عن شهر أغسطس بل أيضا سوف ينضم شهر سبتمبر لهذا الشهر حتي تكون فترة الدراسة الإحصائية ذات مغذي للنمذجة بشكل أكبر.

من الملاحظ من الشكل رقم 7 – 1 أن الأحمال تظل مرتفعة ما عدا ثلاث ساعات تقريبا تعادل وقت الليل المتأخر حتي الفجر وهو ما يعبر عن الطبيعة التحميلية هنا، كما أن النزول بالحمل سريعا وهو ما يعني أن معدل رفع الحمل عن التوليد كبيرا. تطبيقا علي المنحني الحملي هذا نجد التذبذب صغيرا في الذروة ولا يزيد التفاوت طوال اليوم عن 300 أمبير بينما ينخفض إنخفاضا كبيرا بتفاوت قدرة 1000 أمبير مشيرا إلي الفائدة العالية التي تنتج عن الفترة المستمرة الطويلة للتحميل العالي وهو ما يقودنا إلي التعامل بمعامل إستغلال مرتفع.

بالإشارة إلي نفس منحني الأحمال لأنه يعبر عن اليوم الأول من شهر أغسطس وهو ما يعتبر من الناحية السياحية الصيفية (السياحة الصيفية) أو التصييف بأنه الذروة الحملية من جهة التصييف أو سياحيا، علاوة علي أن المنحني الحملي يعطي المؤشرات الجيدة السابق سردها الآن بخلاف معاملات التشغيل الأخري الخاصة باستقرار التشغيل في الشبكة الكهربية ككل مع مستوي القصر والذي لا بد وأن يكون مرتفعا.

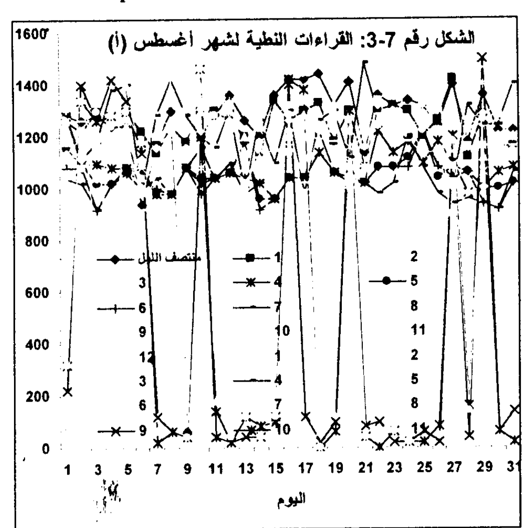


هذا الأداء الحملي المميز من ناحية التوقيت والنوع قد يحدث كثيرا ولكن بأشكال مختلفة ما بين الموسم الزراعي أو الموسم التصنيعي لنوعية محددة من السلع أو الشكل الإنتجي لعدد من السلع المطلوبة في وقت محدد إلي غير ذلك ولذلك فهذا المنحني المعبر عن أهم فترات التصييف قد يتكرر مع مدن أخري في مناسبات مختلفة.

علي الجانب الآخر يعرض الشكل رقم 7 – 2 الشكل العامل للتغير الحملي خلال النصف الأول من هذا الشهر حيث نجد أن النقاط المختلفة للقراءات قد تداخلت وقد تناثرت أحيانا، مشيرا إلي عدم الثبات اليومي في الأحمال أو بالمعني الأصح في نوعيات الأحمال القياسية الداخلة في تركيب وتكوين منحني الأحمال كما نراه في الشكل رقم 7 – 2 لمدة أسبوع كامل. هذا التباين يعبر عن الواقع الفعلي إلا أن التناثر الشديد لبعض النقاط يعبر عن أوضاع إما خاطئة أو توقيت إجراء أعمال الصيانة الروتينية طبقا للجداول الخاصة بهذه الأعمال.

ثانيا: تطور الأحمال اللحظية Development of Instantaneous Loads

هناك جانبا آخر من الدراسة للأحمال الكهربية أو منحنيات الأحمال بطريق موازي مع ذلك السابق شرحة حيث نأخذ التماثل المتتالي لنقاط منحنيات الأحمال ومدي أنتظام من عدم إنتظام التكرار او التغير. هذا يعني ضرورة العمل علي المقارنة بين ذات التوقيت للأيام المتتالية لذات الموقع أو نفس الحمل، أي التطور الحملي لهذا الوقت تحديدا. هذا الموضوع يختلف تماما عن منحنيات الأحمال ليس فقط من جهة الشكل بل أيضا من ناحية المغزي الهندسي فهو يمثل التطور الفعلي لذات التوقيت بالرغم من أن منحنيات الأحمال أصلا غير ثابتة الطابع. ذلك يؤدي إلي مزيد من التوضيح لمعني منحنيات الأحمال اليومية.



الشكل رقم 7-3: القراءات النطية لشهر أغسطس (أ)

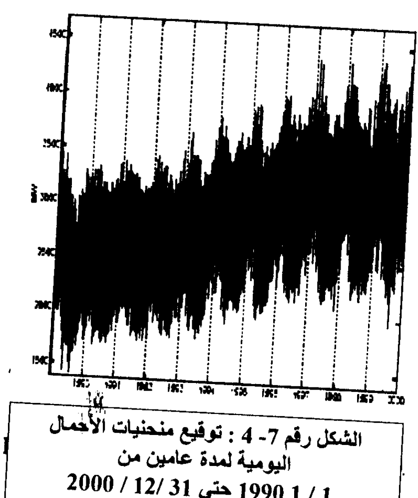
هذا النمط من التحليل يكون ذا فائدة لوضع التخطيط السليم أو الأقرب ما يمكن من السليم خصوصا مع المدن الجديدة أو القري التعميرية أو المدن الخاصة ذات الطابع الخاص غير التقليدي، مثل المدن البحثية والقري الرياضية والمنتجعات العلاجية إلي غير ذلك من الأنماط المختلفة.

من ثم ننتقل إلي القراءات الإجمالية للأحمال توزيعا علي الأيام لذات الساعة خلال الشهر ككل كما وردت في الشكل رقم 7- 3 وفيه ظهرت ملامح التغير الحاد بين القراءات، كما أننا نجد من الفصل الثالث لذات القراءات في الشهر التالي (شهر سبتمبر) هبوطا شديدا للأحمال الكلية والتي توضح أن الإطار الإحصائي هو الأمثل للتعامل مع هذه المعطيات. حيث أن الفارق بين قراءات الشهرين هو طبيعة المدينة التي بها هذه الأحمال حيث أن شهر أغسطس يمثل شهرا موسميا بطابع التحميل العالي.

من هذا المنطلق نجد أن القراءات الفعلية لذات الشهر سوف تتباين دون الرجوع إلي هذه القراءات ومن ثم يكون علينا وضع الإطار العام للتغير علي أساس التحميل الأقصي والذي يتمثل في عددا من النقاط الرئيسية الهامة والتي سبق بيانها كمعطيات للتصميم والتخطيط الكهربي وهو ما يعطي للأحمال الكهربية كموضوع أهمية خاصة يجب أن يلتزم بها المخطيطين للمدن الجديدة والقري والمنتجعات والمناطق السياحية والأثرية كي تظهر في أبهي الصور من ناحية وأن تكون داخل الإطار التحميلي علي المدي الطويل

أي طويل الأجل.

يقدم المتخصصون علي المحور الدولي من الولايات المتحدة الأمريكية والعالم المتقدم عددا من الدراسات الهامة والنافعة من قراءات تحضيرية لما نتعرض له من موضوع الأحمال الكهربية، فمثلا نجد أن كلا من سواريس وميديوريس بالبرازيل يقدمان نمذجة متفردة في التخطيط للأحمال الكهربية (قدرة المحطة المطلوبة) علي المدي القصير للجنوب الغربي من البرازيل، حيث نري في الشكل رقم 7-4 التوقيع الكامل لمنحنيات الأحمال اليومية لمدة عامين من 1 / 1 1990 حتي 31 /12 / 2000 فنجد أن التداخل والتفاوت السابق بيانه في الأحمال السابقة بالشكل رقم 7-3 ونجد أن القراءات قد تشابكت وذلك لطول فترة القياس والتي بلغت العامين وهو ما يتفق ما سبق شرحه عاليه.



الشكل رقم 7- 4 : توقيع منحنيات الأحمال اليومية لمدة عامين من 1 / 1 1990 حتي 31 /12 / 2000

أي أن التغير المستمر (التطور الدائم) للأحمال الكهربية وبالتالي لمنحنيات الأحمال عبارة عت ظاهرة طبيعية وعادية لأنها تتواجد في جميع الأماكن داخل الدول المتقدمة وتلك الفقيرة أو الأخري النامية، كما تتواجد في الدول التي تقع علي الساحل أو بدون ساحل أو في الدول التي تقع في قارات مختلفة. كما أن طبيعة الشعوب والعادات والتقاليد الوكنية لكل بلد لا تؤثر بشكل جوهري وإنما التأثير لا يطفو علي السطح كما ظهر من هذا المنحني الأخير ومقارنته مع ذل الذي تم تحديده بجمهورية مصر العربية.

هكذا تمثل دراسة الأحمال أو منحنيات الأحمال محورا جوهريا للتخطيط السليم لأي موقع سواء كان قديما متهالكا ويحتاج إلي إعادة التوفيق أو مكانا جديدا لم يبدأ بعد أو تحت الإنشاء فكلها أمورا تقع تحت طائلة التخطيط. يلعب موضوع التوقعات الحملية هنا الدور الأعظم لتحديد الملامح الفنية والهندسية لمنحنيات الأحمال المتوقعة والتي يجب أن نكون علي أتم إستعداد لمواجهتها وتلبية هذه الأحمال عند الطلب.

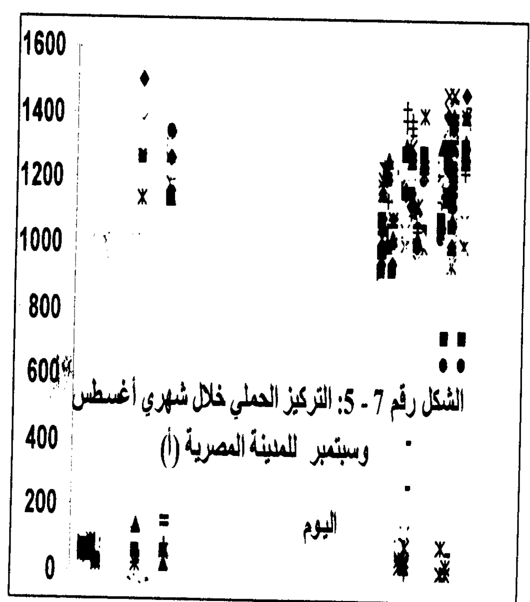
كي نقترب من الواقع يجب أن تمتد العينة زمنيا كي تخل العوامل الأخري ولتكون أكثر صفاءا في المعني والوضوح. هذه النظرة تحتاج إلي إطالة مدة منحنيات الأحمال إلي الضعف فتشمل كلا من شهري اغسطس وسبتمبر كشهرين متتالين أي الدراسة بفترة زمنية شهرين وهو ما جاء في الشكل رقم 7 – 5 حيث دخلت القراءات السابق تحديدها في الفصل الثالث من هذا الكتاب في إطار المقارنة الزمنية التطويرية للحمل اللحظي.

هكذا إذا ما عدنا إلي القراءات الفعلية لمدينة الدراسة المصرية ونضع الرسم الإنتشاري للقراءت الحملية خلال شهري اغسطس

وسبتمبر، وهي القراءات التي جاءت في الفصل الثالث من هذا الكتاب، ونري منها تركيزا مكثفا (ليس عاديا) خلال شهر أغسطس نسبة إلي شهر سبتمبر إضافة إلي قيمة التركيز كحمل كهربي تكون أكثر أرتفاعا في شهر أغسطس وهو ما يعتمد علي طبيعة المدينة تحت الدراسة.

ثالثا: معدل تركيز التطور الحملي
Development Concentration of Instantaneous Loads

ننتقل الآن إلي مواجهة جديدة أخري مع منحنيات الأحمال من وجهة النظر الإحصائية أيضا حيث نجد أن التطور الحملي للأحمال اللحظية والتي تتمثل في ذات الساعة يوميا كما سبق البيان إلي نظرة لنفس الموضوع ولكن بصورة مخالفة حيث نأخذ إجمالي هذه القراءات الكلية عن الفترة الزمنية المحددة للدراسة (في حالة مدينة بورسعيد كانت شهرين) مرجعا للحساب. هذا يفيد بأن القراءات الموجود لا بد وأن تنسب إلي إجمالي القراءات لنفس التوقيت، مبينا أنه من الأفضل أن تزيد الفترة الزمنية للقراءات إلي قصي حد ممكن وبالتالي نحصل علي نموذج من الدول المتقدمة في أمريكا اللاتينية بمدة زمنية عبارة عن سنتين.



الشكل رقم 7 - 5: التركيز الحملي خلال شهري أغسطس وسبتمبر للمدينة المصرية (أ)

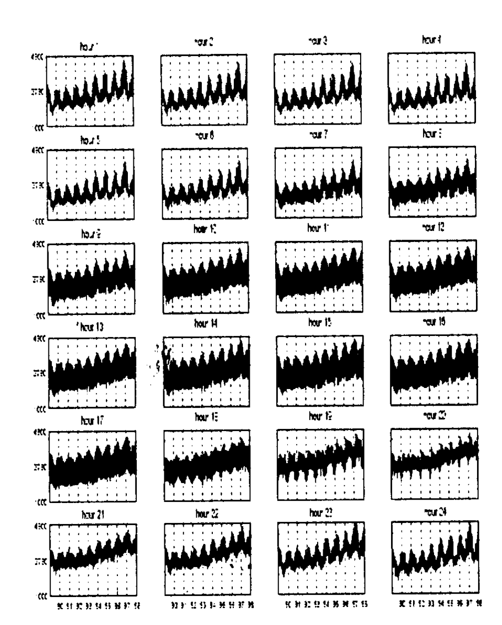
هكذا نصل إلي أهمية التعامل مع هذه التوزيعات الحملية في إطار عام للتعرف علي التغيرات الحملية بدقة أكثر ومنها نصل إلي بعض الملامح الضرورية للتعامل مع الأحمال الكهربية. بهذا المعني نضع التوزيعات الحملية للقراءات العامة الخاصة بجمهورية البرازيل والسابق الإشارة إليها في نمذجة معيارية للدراسة، ففي الشكل رقم 7 – 6 نري التوزيع الحملي لكل ساعة من الساعات اليومية خلال الفترة الزمنية محل الدراسة وهي عامين. العامان يمثلان فترة إحصائية طويلة المدي وتعبر أيضا علي التغير الحملي كمحور تحميلي عند التخطيط لبناء المدن والمنشآت الضخمة مثل المصانع الكبري أو المدن المتخصصة أو غيرها. من الناحية الثانية نجد أن الأحمال هنا قد جاءت لكل توقيت بالنسبة لجميع القراءات الفعلية خلال العامين تبعا للدراسة الميدانية التي تمت بمعرفة المتخصصين والقائمين علي هذا البحث في البرازيل حيث جاءت الدراسة مستفيضة بالتباين الطبيعي والمتوقع من الناحية الهندسية ومواكبا المغزي الرياضي علميا من الناحية الإحصائية.

نري من هذا الشكل التوزيع الحملي بالنسبة المئوية داخل كل ساعة وهي القراءات التي تظهر

في منحنيات الأحمال كنقطة واحدة بينما هي الواقع متغيرة ولها أوزان حملية متغيرة، كما نري من هذا الشكل أن هذه التغيرات يجب أن تؤخذ في الإعتبار عند التصميم عموما. أيضا وبالتطابق مع النقاط الإنتشارية السابقة نجد أن إتساع رقعة القراءات تأتي عند الأحمال القصوي ولذلك يمكن أن يدخل في الإعتبار التباين بين أيام العطلات الرسمية والأجازات الرسمية والأعياد سواء القومية والوطنية أو الدينية وبين الأيام العادية.

لما كان من الضروري التعامل بشكل منسق منتظم إحصائيا كانت المدة سنتان كافية للتعبير عن المغزي الهندسي المطلوب الوصول إليه. هكذا نأخذ هذه القراءات التي ظهرت في الشكل رقم 7 – 6 بالنظرة الموضوعية. كما أن هذه القراءات الواردة في الشكل رقم 7 – 6 مطابقة للقراءات الفعلية التي تمت خلال عامين بصفة مستمرة مما جعل الرسم غير ممكن بالشكل الذي ورد من قبل في الأشكال التي جاءت بهذا الفصل مسبقا. من جهة أخري نجد أن النقاط قد تطابقت بشكل يصعب معه تحديد كل قراءة أو حتي اليوم أو غير ذلك من المعاملات التي سبق التعامل معها في الفصول السابقة من هذا الكتيب.

علاوة علي ذلك نجد أنه من الضروري التعامل مع منحني واضح المعالم محدد بنقاط ذات معني ومن ثم نصل إلي المتوسط الحملي لكل نقطة من النقاط المتماثلة فكان من الضروري الإنتقال إلي الشكل المحدد بالمعني الهندسي الصحيح والمناسب مع الأسس الإحصائية وبذلك نتوصل إلي الشكل الذي وضعه المتخصصون والخبراء الذين درسوا هذا النموذج وهو ما ورد في الشكل رقم 7 – 7 حيث تم وضع القراءات هذه وتجميعها معا بعد تحويلها إلي نسبة مئوية منسوبة إلي إجمالي القراءات الكلية الفعلية لذات التوقيت، ومن ثم تكون هذه القراءات المئوية منسوبة إلي إجمالي الحمل الزمني المتماثل لذات الزمن تحقيقا لمبدأ المقارنة الإحصائية السليم لنفس التوقيت.



الشكل رقم 7 – 6: التوزيع الحملي لكل ساعة منفصلة خلال عامين

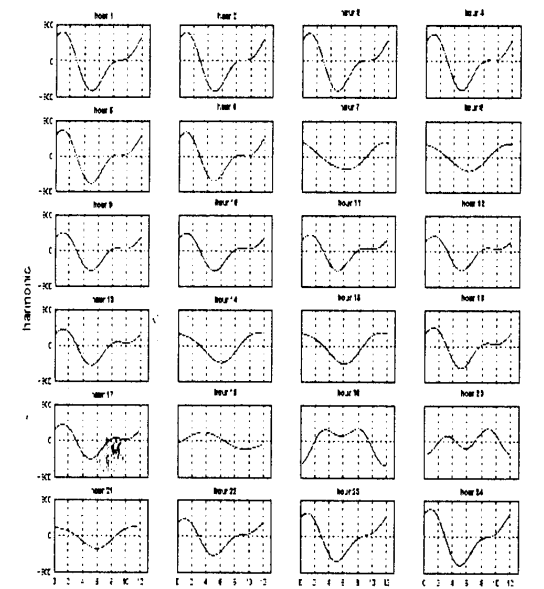
علي الجانب الأخر يمكننا وضع المتوسط الهندسي أو الإحصائي لهذه القراءات كما وردت في الشكل رقم 7 – 7 حيث تظهر القيمة المتوسطة للحمل موزعة علي الساعة الواحدة بالنسبة المئوية. من هذا الشكل نري أن المتوسط الحملي للأحمال المنفصلة علي مدار الساعة يكون حادا في التغير بشكل واضح عند فترات إنهاء ساعات العمل وبدايتها عن البقية من الساعات اليومية حيث نقترب من التحميل

المعتاد.

2-7: أحمال تكرارية Repeated Loads

كما أن هناك أحمالا نمطية الطابع سواء للمدن أم المواقع المختلفة يتواجد أحمالا أخري منها تكرارية الطابع وتتضمن الأحمال الصناعية أي للمصانع والمواقع الصناعية خاصة تلك التي تعمل بنظام الورادي وتتمثل في المصانع الانتاجية تحديدا. من الجهة الأخري هناك أحمالا تكرارية للمواقع السكنية مثل مسكن العاملين لأي من المواقع سواء الحكومية أو تلك التي تشمل العاملين في قطاع خاص فقط، كما أن المواقع المدرسية أو الجامعية لها طابع نمطي تكراري إلي غير ذلك من الأحمال الأخري.

تتنوع الأحمال في طابع التكرار حيث أنه يمكن أن يتكرر الحمل زمنيا، ففي هذه الحالة يكون التكرار يوميا أو أسبوعيا مثلا مثل أيام السبت أو أيام الأحد أو شهريا أن الأحمال تتكرر دائما بنفس النمط ونفس الشكل كل عام في هذا الشهر بذاته أو أن تتكرر الأحمال بشكل موسمي ففي أشهر الصيف من كل عام أو أشهر الشتاء أو حتي كل موسم عمل مثل وقت جمع المحاصيل الزراعية أو تصنيع محصول معين إلي غير ذلك من الأشكال التي قد تتعدد أو تتباين . من الجهة الثانية يمكن أن يكون الحمل المتكرر له من خصائص التطور المستمر بمعني أن يتكرر التطور بصفة مستديمة كل عام أو خلال شهر أو أسبوع محدد.



الشكل رقم 7 - 7: القيمة المتوسطة للتغير كل ساعة لمدة عامين

أولا: أحمال تسخين المياه LOADS OF ELECTRIC WATER HEATING

هناك العديد من الأحمال الهامة التي يحتاجها الفرد في حياته العامة إضافة إلي أنه قد تكون هذه الأحمال مجهدة من حيث القدرة الكلية التي تستهلكها من الشبكة الكهربية ومن أمثلة هذه الأحمال تظهر أحمال التسخين المركزي للمياه ELECTRIC WATER HEATING ، وهذا هو ما قد يحدث في بعض المواقع المتقدمة في الخدمات مثل الفنادق السياحية ذات الخمس نجوم عموما أو في المواقع الصناعية الهامة أو حتي في المناطق السكنية الخاصة.

نري أن تلك الأحمال قد تنتشر في الدول المتقدمة كما يظهر من الجدول رقم 7 – 1 حيث ورد فيه النسبة المئوية من المنازل التي تعتمد علي التسخين المركزي للمياه في المدينة والذي يخص الدول المختلفة في قارة أوروبا، لأن الحياة ومستوي المعيشة ومستوي الثقافة والتعليم معاملات هامة في ثقافة الجماهير لفهم أهمية مثل هذه الخدمة الأساسية. تزيد قيمة هذه الخدمة لظهور الجو القارس شتاءا مما يجعل هذا الحمل من الأحمال متزايدة التواجد في الأحمال، مما يدفعنا نحو التقدم في هذا المجال. إن إستهلاك الطاقة الكهربية في هذا الصدد لن يكون الأساس كوسيلة تغذية بل يمكننا في بلادنا العربية الإعتماد علي الطاقة الشمسية بجانب تلك الكهربية لما يوفره لنا الله في منطقتنا العربية منها.

يجب علينا التعامل مع الطاقة أو مصادرها بطريقة تعتمد علي الترشيد الجيد والسليم لأن الطاقة الشمسية تتوفر في المنطقة العربية أكبر فترة زمنية في العام ولمدة طويلة يوميا بخلاف الدول العربية.

الجدول رقم 7 – 1: نسبة مستخدمي التسخين المركزي للمياه في أوروبا

الدولة	نسبة %	الدولة	نسبة %	الدولة	نسبة %
لوكسمبورج Luxemburg	45	ألمانيا Germany	43.9	النمسا Austria	43.6
فرنسا France	41.9	فنلندا Finland	38.2	بلجيكا Belgium	33.0
إيطاليا Italy	33	المملكة المتحدة UK	21	البرتغال Portugal	19
السويد Sweden	18.9	أسبانيا Spain	16.8	هولندا Netherlands	16.7
أيرلندا Ireland	15.9	الدنمارك Denmark	13.2	اليونان Greece	5.2

كما أن هذا النظام – (نظم التسخين المنزلي للمياه domestic electric water heating systems) - يشمل محطات خاصة كأحمال تحتوي كلا من السخانات الكهربية ومضخات المياه وخزانات المياه الساخنة storage heaters ومتطلباتها، علاوة علي وجوب مد خطوط نقل المياه الساخنة بجانب تلك العادية بكل المناطق السكانية المستخدمة لهذا الحمل.

جدير بالذكر أنه يلزمنا معا كدول عربية أن نعمل علي التوسع في إستخدام الطاقة الشمسية نظرا لما نتمتع به من أنتشار هذه الطاقة الطبيعية والتي لا تحتاج إلي وقود كي نحصل عليها علي عكس الطاقة الكهربية. لا يتوقف الوضع إستغلال الطاقة الشمسية المباشرة في أعمال التسخين وفي بعض الأوقات الطهي بل يمتد النفع إلي توفير المخزون الإستراتيجي من الوقود الخام بشكل عام سواء كان الوقود البترولي أو الفحم وغيره. يزيد من هذه الأهمية الإستيراتيجية أننا لا نحتاج إلي درجات الحرارة العالية في هذه الأحمال فعادة نحتاج إلي درجات حرارة في حدود 40°م للإستحمام showering or bathing ودرجة حرارة عند 60°م للنظافة cleaning كمقننات تقريبية.

المقننات الحرارية للإستخدام المنزلي Typical use of hot water تشمل كلا من:

أ) المطبخ kitchen

يتضمن هذا الجزء (المطبخ) كلا من الغسالات washing machine وأدوات الطبخ الكهربي وأجهزة الطهي cooking والنظافة cleaning وغسيل الأطباق dishwasher والغسيل washing إلي بقية الأجهزة المنزلية التي تخدم العمل في المطبخ.

ب) الحمام bathroom

يشمل هذا العنوان كلا من حمامات السباحة المنزلية basin (في الفيلات والقصور) وكذلك دش الإستحمام المنزلي shower بصوره المختلفة كبيرا أو صغيرا. يدخل هنا مع محتويات الحمام ما هو هام من جهة الغسيل الآلي (أو حتي أليدوي) لأن ذلك هو ما يحتاج إلي المياه الساخنة سواء كانت يدوية العمل hand-washing of clothes. أو آلية، كما يتضمن ذلك كل أعمال المياه الساخنة وجميع

أنواع الإستخدام المنزلي.

إنطلاقا من هذه النقطة نجد أن الجدول رقم 7- 2 يدرج قيمة متوسط حجم المياه الساخنة Volume of hot water required اللازمة لكل فرد يوميا بوحدات اللتر لكل يوم لكل فرد per person per day، وهذه القراءات والأرقام عبارة عن إحصائيات لدول أوروبا Europe خصوصا وأن متوسط درجة الحرارة للمياه المركزية الساخنة hot water بهذا النظام عادة هو 60°م (T = 60 °C)، مما يعني أن التسخين المبدئي في محطات التسخين لا بد وأن تكون أعلي من هذه القيمة. كما أن الجدول رقم 7 - 2 يتضمن قيمة الطاقة المستهلكة المرادفة corresponding energy consumption لكل من هذه القيمة سواء المتوسطة أو تلك القيم عند الحدود القصوي والأدني داخل الدول الأوروبية.

الجدول رقم 7- 2: متوسط حجم المياه الساخنة اللازمة لكل فرد يوميا والطاقة الضرورية لها في دول أوروبا (إحصائيات عن أوروبا)

البند	حجم المياه	الطاقة المستهلكة
وحدة القياس	لتر / يوم / فرد	ك. و. س / يوم / فرد
القيمة الأدني Minimum	10–20	0.6–1.2
القيمة المتوسطة Mean	20–40	1.2–2.4
القيمة الأقصي Maximum	40–80	2.4–4.8

محور الطاقة الشمسية له من التأثيرات المختلفة علي شكل منحنيات الأحمال الكهربية لأننا هنا نضع الطاقة الشمسية في مواجهة الطاقة الكهربية وليس من أجل تحويل الطاقة الشمسية إلي كهربية. ذلك أن إستغلال الطاقة الشمسية مباشرة في أغراض التسخين سوف يخفف من الأحمال الكهربية اللازمة للتسخين وعلي وجه الخصوص المياه. علي الجانب الآخر نجد أن الطاقة الكهربية المستهلكة في تسخين المياه بأوروبا مرتفعة كما يظهر من محتوي الجدول رقم 7 – 1 حيث العدد المتزايد من إستخدام المياه الساخنة مركزيا، لأن الطاقة الشمسية لا تتوفر في قارة أوروبا كما هو متوفر في منطقة الشرق الأوسط.

إنطلاقا من هنا يمكننا العمل علي إنتشار التوسع في إستخدام الطاقة الشمسية في جنوب الوطن العربي بشكل عام ومركز حيث الحرارة المرتفعة طويلة المدي، ذلك في أراضي الصحراء المنتشرة في الوطن العربي مثل مصر وليبيا والجزائر والمغرب وقبلهم السودان في أفريقيا ومثل اليمن والمملكة السعودية ودول الخليج في آسيا.

العمل مع الطاقة الشمسية وإستغلالها لسببين فالأول هو أنها طاقة نظيفة صديقة للبيئة أم الثاني فهو توافر هذه الطاقة بلا ثمن. أما عن السبب الأول فنجد أن الوقود الحالي ملوثا للبيئة وتتجه جميع التقنيات وأبحاثها حاليا إلي التقليل منها بأقصي درجة ممكنة، أما عن السبب الثاني فالشمس ساطعة في بلادنا العربية طوال أيام السنة تقريبا، بل ولفترة طويلة جدا يوميا وهو ما يجب إستغلاله بصورة مباشرة.

ثانيا: أحمال منزلية تقليدية Traditional domestic Loads

في هذا الصدد نتعامل مع الأحمال المنزلية المختلفة ونظرا لأننا ما زلنا في إطار تسخين المياه وبعد التعرض للتسخين المركزي للمياه بالمدن في البند السابق نضع النقاط الأساسية للأنواع الأخري من التسخين وهي شائعة الإستخدام بجانب تلك المركزية وفي الكثير من الأماكن داخل الدول الأوروبية. ذلك أن بلادنا العربية عادة تتعامل بمبدأ التسخين الفردي وبالرغم من عيوبه العديدة إلا أننا ما زلنا تعتمد عليه، وذلك نتيجة لتوافر الغاز الطبيعي مما يجعلنا نصرف النظر عن هذه التقنيات الهامة. علي الجانب الآخر نجد أن التسخين الفردي لا يعتمد فقط علي التسخين الكهربي بل قد يظهر وبشدة التسخين من خلال الغاز الطبيعي.

إذا ما كانت هناك مدينة ما في أوروبا وكان التوزيع بين هذه الفئات الثلاث فيمكننا فرض أن 50 % من التعامل سيكون للتسخين المركزي و25 % للتسخين بالغاز فرديا والباقي وهو 25 % سيكون للتسخين الفردي الكهربي. هكذا يكون التحميل علي التسخين الفردي الكهربي علي الشكل القياسي الوارد في الجدول رقم 7 – 3 حيث يعطي لنا المنحني الحملي اليومي لمدينة أو منطقة سكنية ضخمة.

في هذه الحالة نجد أن النمط القياسي للتعامل مع المياه الساخنة صيفا أو شتاءا بصورة تقريبية كما جاء في الجدول رقم 7 - بينما إجمالي الإستهلاك النمطي (صيفا أيضا) قد ظهر في الشكل رقم 7 – 8 حيث يبين لنا أنه لا بد وأن يكون هناك فارقا بين المستهلكين

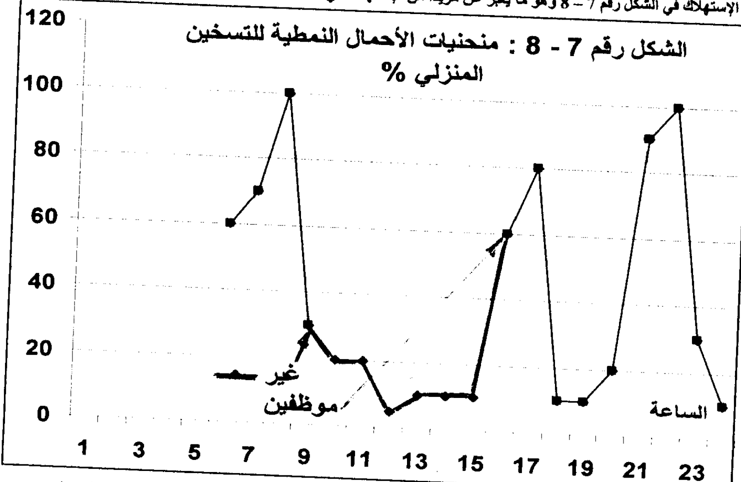
الذين يعملون والآخرين الذين لا يعملون (ست البيت) ففي الشكل نجد أن المنحني الأحمر يمثل أحمال الأسرة من الموظفين بينما الأحمر إضافة إلي اللون الأزرق يمثل غير الموظفين لأن هذه الإضافة لتواجد بعضا من أفراد الأسرة في هذه الأوقات. لا بد وأن نوضح أن الفارق في إستهلاك المياه الساخنة صيفا وشتاءا يتضمن عدم الحاجة لهذه المياه الساخنة صيفا أو إنخفاض الإعتماد عليها صيفا بدرجة كبيرة بينما يزداد ذلك شتاءا، وعلي العكس نجد أن الحاجة إلي المياه الساخنة بغرض الإستحمام مرتفعا ومتكررا بجانب الحاجة إليها في أعمال الغسيل المنزلية سواء للملابس أو الأطباق والأواني المنزلية عموما.

الجدول رقم 7 – 3: الأحمال النمطية لتسخين المياه المنزلي بالنظام اللامركزي

المستهلك	إستهلاك منزلي لموظفين (عاملين)			منزلي للأسرة بها أفراد غير عاملين		
ساعة	أحمال حمام	أحمال مطبخ	إجمالي	أحمال حمام	أحمال مطبخ	إجمالي
12						
1						
2						
3						
4						
5	50	10	60	50	10	60
6	60	10	70	60	10	70
7	80	20	100	80	20	100
8	20	10	30	20	10	30
9				10	10	20
10					20	20
11				5		5
12				5	5	10
1					10	10
2					10	10
3	30	30	60	30	30	60
4	60	20	80	60	20	80
5		10	10		10	10
6		10	10		10	10
7		20	20		20	20
8	60	30	90	60	30	90
9	70	30	100	70	30	100
10	10	20	30	10	20	30
11		10	10		10	10

نظرا لأن الإستهلاك المنزلي يعود إلي تواجد الأشخاص داخل المنزل، نجد أن المدن الأوروبية بوجه عام خالية تماما من الأفراد خلال ساعات العمل اليومية ومن ثم لا يكون هناك أحمالا في تلك الأوقات بينما علي النقيض في بلادنا العربية بالمرأة عادة لا تعمل فتواجد الأفراد في المنزل طوال ساعات اليوم مستمرا مما ينتج عنه بعضا من الإستهلاك الكهربي لأحمال المياه الساخنة. علاوة علي ذلك فأن العاملين من الجنسين كثيرين وبذلك يكون هناك منازل خالية من المستهلك في أوقات اعمل الرسمية علي غرار الدول الأوروبية.

لهذا السبب قد أفرد الجدول السابق نوعين من المستهلكين العاملين وغير العاملين (ست بيت أو عاطلين) كما ظهرت هذه النوعية من الإستهلاك في الشكل رقم 7 – 8 وهو ما يعبر عن مزيدا من الإستهلاك في هذا الميدان.



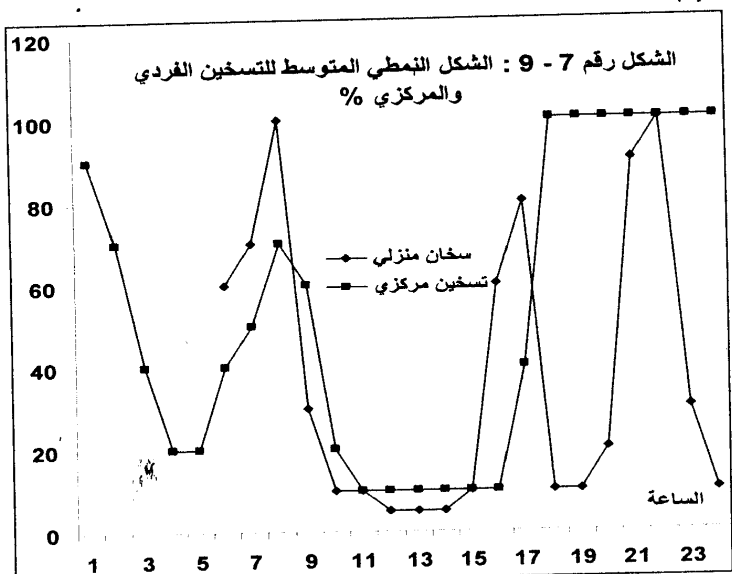
الجدول رقم 7 – 4: الأحمال النمطية في مدينة ما لتسخين المياه المنزلي بالنظامين المركزي واللامركزي (%)

س (صباحا)	سخان منزلي	تسخين مركزي	س (مساء)	سخان منزلي	تسخين مركزي
12		90	12	5	10
1		70	1	5	10
2		40	2	10	10
3		20	3	60	10
4		20	4	80	40
5	60	40	5	10	100
6	70	50	6	10	100
7	100	70	7	20	100
8	30	60	8	90	100
9	10	20	9	100	100
10	10	10	10	30	100
11	5	10	11	10	100

علي الجانب الآخر إذا ما نظرنا إلي مدينة ما تتعامل بمحوري التسخين للمياه المنزلية كهربيا، أي بنظام التسخين المركزي كما هو الحال في المدن الأوروبية إضافة إلي النظام الفردي للتسخين الكهربي، (سخانات حمام كهربية). ناخذ علي سبيل المثال أن التسخين المركزي يتم التعبير عنه كما هو مجدول في الجدول رقم 7- 4، حيث نجد أن الأحمال الكلية قد ظهرت في الشكل رقم 7 – 9. هنا

التعامل مع كل نوعية من التسخين منفصلة وكل منها منوية القيمة (النسبة المنوية)، حيث نشاهد أن أوقات العمل الرسمية في أي من الأحوال مازالت تمثل أدني إستهلاك وهو ما يعبر عن حالة المدينة المتطورة والعصرية سواء في الدول المتقدمة الأوروبية أو بلادنا العربية.

من هذا الإطار العام للتغير الحملي نجد ان أحمال الذروة في الحالتين تتزامن في الأوقات الليلية بينما يظهر فارقا ضخما في نسبة الإستهلاك بين نظامي التسخين في الفترة النهارية حيث نجد إنخفاضا في النظام المركزي للتسخين عن ذروته بشكل مختلف عن ذلك بالنسبة للتسخين الفردي. إن هذا يعبر عن الحاجة الوقتية للتسخين الفردي فتكون كثافة التشغيل مرتفعة بينما علي النقيض بالنسبة للتسخين المركزي وهو النظام الذي يعمل طوال الأربع والعشرين ساعة (دون إنقطاع) والذي هو بالفعل يعطي مياه ساخنة بصفة مستديمة.



بنفس النمط علي السياق الجاري نجد أن التسخين المركزي يعمل طوال الليل وحتي الساعات الليلية بأدني قيمة إستهلاكية وهي الأوقات التي ينام فيها المستهلك وبالتالي لن يحتاج إلي هذه الخدمة، بينما يفصل المستهلك بنظام التسخين الفردي هذه الطاقة (القدرة) تماما عن العمل. في هذه الحالة المركزية لا يجوز فصل الخدمة نهائيا وذلك كمبدأ هندسي ولكنه كنظام يجب أن يستمر في المحافظة علي درجة الحرارة المتوسطة للمياه الساخنة لتوفيرها فور الحاجة إليها كحمل لحظي.

جدير بالذكر بأن الفارق بين حالتي التعامل مع النظامين نجد أن النظام المركزي أفضل لأنه يستطيع تلبية طلب الحمل لحظيا علي عكس ذلك الخاص بالنظام الفردي للمستهلك حيث أن لا بد وأن ينتظر فترة البدء للتسخين وهي مدة طويلة نسبيا بالمقارنة مع النظام المركزي (النظام اللحظي في تلبية الطلب) وبالمقارنة أيضا مع النظام الغازي (النظام اللحظي أيضا في تلبية الطلب).

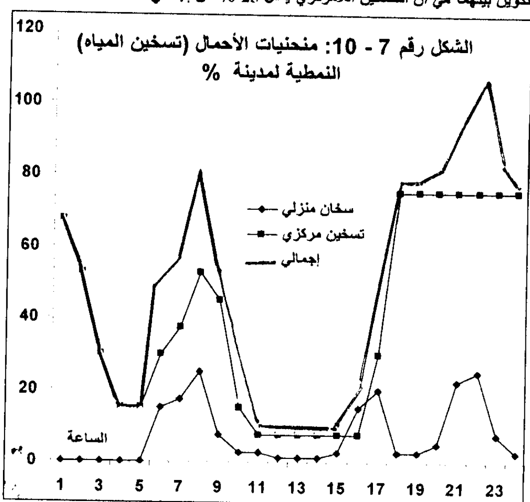
في هذا الشكل يأتي الحمل المنوي لكلا النوعين من التسخين المنزلي كلا منفصلا عن الآخر بينما تم تقريب الحمل الخاص بالتسخين

الفردي (اللامركزي) ليتم توزيعه بين الحالتين المذكورتين من قبل وهما حالة العاملين والأخري لغير العاملين بأن تكون مناصفة بين النوعين وهو ذلك المنحني في هذا الشكل.

الجدول رقم 7 – 5: الأحمال النمطية لتسخين المياه المنزلي بالنظام اللامركزي

س	سخان منزلي	تسخين مركزي	إجمالي	س	سخان منزلي	تسخين مركزي	إجمالي
12	0	67.5	67.5	12	1.25	7.5	8.75
1	0	52.5	52.5	1	1.25	7.5	8.75
2	0	30	30	2	2.5	7.5	10
3	0	15	15	3	15	7.5	22.5
4	0	15	15	4	20	30	50
5	15	30	45	5	2.5	75	77.5
6	17.5	37.5	55	6	2.5	75	77.5
7	25	52.5	77.5	7	5	75	80
8	7.5	45	52.5	8	22.5	75	92.5
9	2.5	15	17.5	9	25	75	100
10	2.5	7.5	10	10	7.5	75	82.5
11	1.25	7.5	8.75	11	2.5	75	77.5

هكذا نصل إلي الدمج بين النوعين المركزي لتسخين المياه والآخر غير المركزي (السخانات الكهربية المنزلية) بأن تكون نسبة التكوين بينهما هي أن التسخين اللامركزي يمثل 25 % من إجمالي الأحمال الخاصة بالتسخين في المدينة وبالتالي يكون المركزي بنسبة 75 % ومن ثم نري القراءات المحسوبة في الجدول رقم 7 – 5 لكلا النوعين بجانب الإجمالي الحملي للمدينة بهذا الطابع. ومن ثم جاء منحني الحمل الكهربي للمدينة علي الصورة الواردة في الشكل رقم 7 – 10 حيث كان تأثير النسبة بين نوعي التسخين واضحا علي الشكل العام والذي هو يختلف قليلا عن نظام التسخين المركزي لأن الأحمال تعتمد كثيرا علي هذا النوع من التسخين.



الشكل العام لتكوين الأحمال الأكثر هو المؤثر في الإطار الكلي للأحمال الكلية وهو ما قد يتغير إذا ما كان الأحمال الإجمالية لكل عدد المستهلكين للمياه الساخنة التي يتم توزيعها بصورة مركزية متساوي

مع تلك التي تخص المشتركين المستهلكين للمياه الساخنة عن طريق السخانات الفردية الشخصية. هذا يعني أن التوزيع النسبي بين كلا من النظامين متساو تماما أي أن كل من النظامين يتبع النسبة المنوية 50 %. من هنا نحصل على القراءات التي جاءت في الجدول رقم 7 – 6 والذي تم ترجمته إلي الشكل رقم 7 – 11.

الجدول رقم 7 – 6: الأحمال النمطية في مدينة ما لتسخين المياه المنزلي بالنظامين المركزي واللامركزي بالتساوي (%)

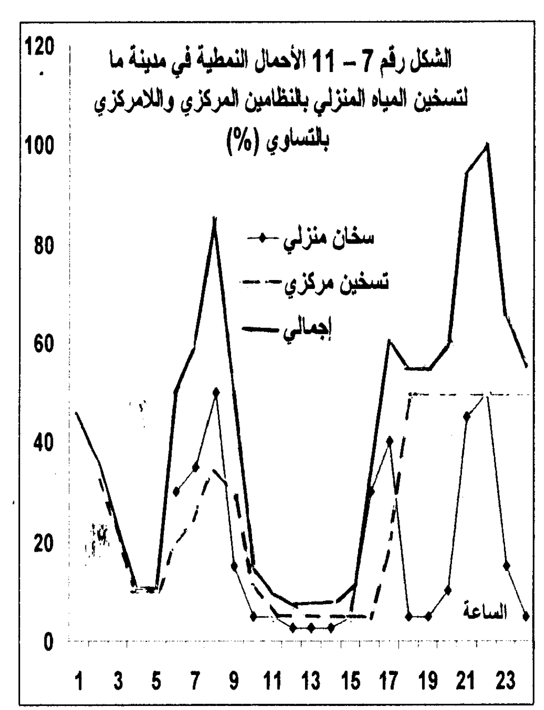
ساعة	سخان منزلي	تسخين مركزي	سخان منزلي	تسخين مركزي	إجمالي
12		90		45	45
1		70		35	35
2		40		20	20
3		20		10	10
4		20		10	10
5	60	40	30	20	50
6	70	50	35	25	60
7	100	70	50	35	85
8	30	60	15	30	45
9	10	20	5	10	15
10	10	10	5	5	10
11	5	10	2.5	5	7.5
12	5	10	2.5	5	7.5
1	5	10	2.5	5	7.5
2	10	10	5	5	10
3	60	10	30	5	35
4	80	40	40	20	60
5	10	100	5	50	55
6	10	100	5	50	55
7	20	100	10	50	60
8	90	100	45	50	95
9	100	100	50	50	100
10	30	100	15	50	65
11	10	100	5	50	55

يقدم الشكل رقم 7 – 11 التغير العام علي منحنيات الأحمال للتسخين فقط (تسخين المياه فقط) أن كلا من الذروتين للنظامين الداخلين في هذه الدراسة قد تجمعا سويا مما أضر بالمعاملات الفنية التي تخص المنحني لأنه تجمعت الذروة في النظامين في توقيت واحد كما تجمعت الأحمال الخفيفية أيضا في وقت واحد. هكذا يكون من الضروري عند التعامل مع الأحجام الضخمة من المياه أو أحمال تسخين المياه سواء عن طريق النظام المركزي أو الفردي أن يتم توفيق الأحمال الأخري التي يمكنها تحسين هذا المنحني في المنحني الكلي الناتج نهائيا. هذا هو الهدف من الإستفاضة في دراسة منحنيات الأحمال لأنها تمثل عاملا مؤثرا في التخطيط والترشيد في ذات الوقت.

ثالثا: أحمال غير تقليدية Un Traditional Loads

تظهر في المدن الكبيرة ذات الأبراج الشاهقة العديدة مشكلة التغذية بمياه الشرب وهو ما يتحول إلي أحمال كهربية لرفع المياه بالضغط المناسب إلي الطوابق العليا. بهذا يكون علي السكان أو القاطنين في الطوابق العليا – بل وفي الأدوار غير المرتفعة أحيانا – الإستعانة بتركيب مضخات مياه مفردة والتي أخذت طرقا مختلفة نذكر الشائع منها مثل:

1- مضخة لكل وحدة سكنية (فردية)
2- مضخة أو أكثر لكل جانب من العمارة السكنية
3- مضخة أو أكثر لكل العمارة السكنية
4- مضخة أو أكثر لكل المنطقة السكنية



مع الحركة العمرانية الهائلة في أغلب المدن العربية نتيجة للتركيز الشديد علي التعمير بالوطن العربي، نجد أن هذه المضخات بانتشارها تمثل حملا كهربيا لا يستهان به ولذلك يجب أن يوضع في الإعتبار والتخطيط لهذه المدن وخصوصا الجديدة منها.

في هذه الحالة يكون التحميل منتشرا بين جميع المغذيات التي تمد الطاقة الكهربية لهذه المباني الشاهقة والأبراج العالية، بينما علي النقيض يمكننا توفير هذه الأحمال من هذا الشكل إلي يتم تركيزه بقليل من التكلفة بأن ترفع محطات مياه الشرب الضغط المائي عند بداية الخروج من المحطة. إن شكل الأحمال هنا سوف يختلف عن ذلك المنتشر بين أرجاء المدينة, حيث يكون معامل التشتت صغيرا. هذا الطابع ينتج عن الطراز الإجتماعي المتواجد في هذه الأبنية فغالبا ما يكون أفراد الأسرة من العاملين بجانب أن عملية إستهلاك الطاقة قد تتزامن في ذات الوقت فينشأ عن ذلك منحنيات أحمال بالشكل الموضح في الجدول رقم 7 - 7 . يعرض الجدول الأحمال الفردية للمضخات المنزلية الفردية إضافة إلي الأحمال الكهربية البديلة لها عند الإعتماد علي النظام المركزي بتركيب هذه المضخات عند أطراف محطة مياه الشرب بالمدينة.

من جهة أخري نجد أن الشكل رقم 7 – 12 قد جاء بمنحنيات الأحمال هذه سواء تلك المضخات المنزلية الفردية أو تلك بالنظام المركزي عند محطات مياه الشرب. إضافة إلي ذلك فقد جاءت منحنيات الأحمال الإجمالية بوجود هذين النظامين في ذات الوقت معاً

بنسب مختلفة في الشكل رقم 7 -13.

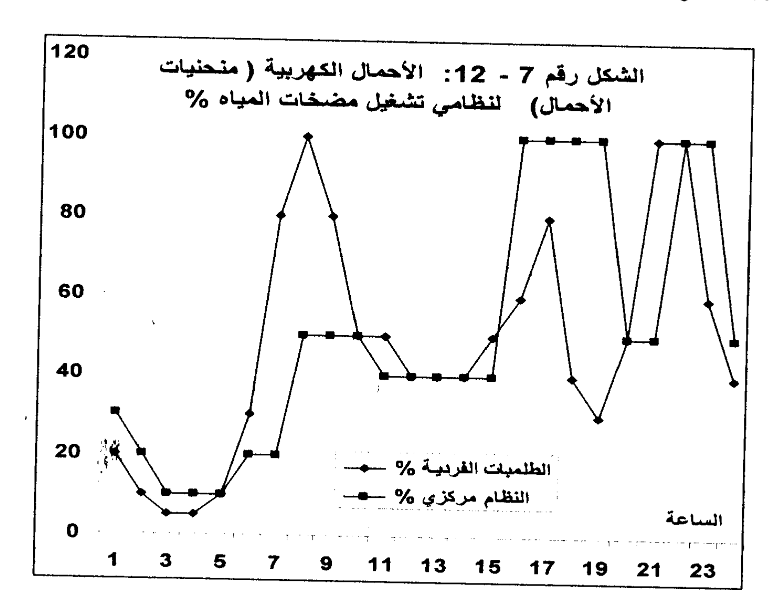
الجدول رقم 7 – 7: منحنيات أحمال الطلمبات الفردية والمركزية النسبية في مدينة

الساعة	طلمبات فردية	نظام مركزي	إجمالي			
الطلمبات الفردية %	100		50	25		25
النظام مركزي %		100	50		75	75
12	20	30	25	5	22.5	27.5
1	10	20	15	2.5	15	17.5
2	5	10	7.5	1.25	7.5	8.75
3	5	10	7.5	1.25	7.5	8.75
4	10	10	10	2.5	7.5	10
5	30	20	25	7.5	15	22.5
6	80	20	50	20	15	35
7	100	50	75	25	37.5	62.5
8	80	50	65	20	37.5	57.5
9	50	50	50	12.5	37.5	60
10	50	40	45	12.5	30	42.5
11	40	40	40	10	30	40
12	40	40	40	10	30	40
1	40	40	40	10	30	40
2	50	40	45	12.5	30	42.5
3	60	100	80	15	75	90
4	80	100	90	20	75	95
5	40	100	70	10	75	85
6	30	100	65	7.5	75	82.5
7	50	50	50	12.5	37.5	60
8	100	50	75	25	37.5	62.5
9	100	100	100	25	75	100
10	60	100	80	15	75	90
11	40	50	45	10	37.5	47.5

الشكل رقم 7 – 12 يقدم منحنيات الأحمال القياسية التي قد تتلاءم مع المستهلك العربي في المدن الكبري أو الصغري في كل الأحوال ومنها يظهر أن التغير غير متقارب ومن ثم كان اللجوء إلي العمل علي نظامي التشغيل سواء كان ذلك بالمضخات الفردية أو ذلك الذي يعمل بالنظام المركزي عند أطراف تغذية محطات مياه الشرب.

كان أيضا هاما التعرف علي مدي تأثير وتأثر كلا من النظامين معا وبين بعضهما البعض، فكانت الرؤية نحو وضع نسبتين مختلفتين للتكوين الكلي داخل الأحمال الكهربية الكلية كما سبق العمل به في الموضوع السابق. من ثم جاء الشكل رقم 7 – 13 بحالتين من منحنيات الأحمال الإجمالية عندما تتساوي النسبة التكوينية بين النظامين، بينما في الحالة الثانية تغلب النظام المركزي علي الآخر بالضعف نسبيا.

من الشكل رقم 7 – 13 نري أن التباين ليس بالكبير بين التكوينات المختلفة مما يدعونا إلي النظر إلي هذا الموضوع من الرؤية الإقتصادية، ففي المدن الكبري نجد أن التركيز الكلي علي النظام المركزي قد يكون مفضلا لأن الأبراج الشاهقة كثيرة والتشغيل فيها لا يمكن أن يتم بالطرق الهندسية السيمة بجانب أن يكون الفاقد منها كثيرا كنظرة عامة. إنطلاقا من هذه النظرة يمكننا أن نعتمد بشكل كبير علي النظام المركزي لتشغيل المضخات المائية ولكنه يكون بتكلفة قد تزيد عن النظام الآخر إذا ما كانت هذه المضخات قد تم تركيبها في محطة مستقلة بغرض الضخ فقط. أما إذا ما كانت جزءا من محطة مياه الشرب فتنخفض التكلفة كثيرا. علي الجانب الأخر في المدن الصغيرة والقري الكبري أو الصغيرة منها نجد أن النظام المركزي قد يكون مكلفا نتيجة العدد البسيط المستهلك للمياه وتزامن الإحتياج لها، ولهذا يفضل أن يتم العمل بالنظام الفردي وهذا النظام يلاءم العديد من المدن قليلة السكان.



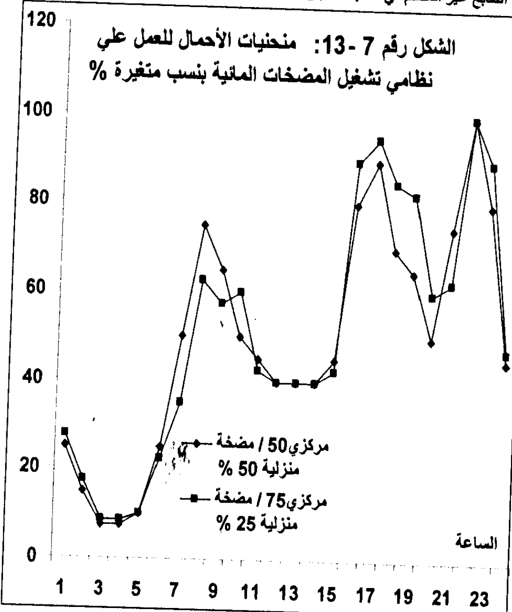
رابعا: أحمال كهربية نادرة Rarely Electric Loads

تظهر الأحمال النادرة غالبا مع الأعياد الخاصة سواء كانت الوطنية أو الدينية، بل وتطغي الأحمال الهينية عادة في البلاد العربية علي غيرها من المناسبات. ذلك لأنها تلمس الروح الإنسانية والمبادئ العقائدية الأساسية، ومن ثم يكون لها التأثير الساحر علي النفس البشرية. كما أنها تضفي علي الحياة اليومية النمط المريح نفسيا للفرد سواء كان طفلا أم شابا أو كهلا سواء كان رجل أو إمرأة، علاوة علي ذلك فإنها تأخذ الفكر والمجهود الذهني للأسرة كبيرا وصغيرا لما لها من إنعكاسات نفسية هامة لكل فرد في الأسرة وبالتالي في المجتمع ككل. إن هذا الوضع لا يختلف بين البلدان العربية بل الكل سواسية في هذا الصدد.

نظرا لأن هذه النوعية من العادات والتقاليد تنعكس إنعكاسا مباشرا علي التصرف الحملي خصوصا مع التقدم التقني الهائل في القرن

الماضي حيث ظهرت الكثير من المجالات التي تخدم الأعياد الدينية بكافة أغراضها وأنواعها. إضافة إلي ذلك نجد أن هذه الأحمال غالبا ما تكون غير مقننة وهذا يعني أن التغذية الكهربية لهذه الأحمال قد تكون بطريقة عشوائية من جهة أو بطريقة غير صحيحة من جهة أخري.

أما عن الطريقة العشوائية من جهة التغذية الكهربية فانها تمثل حالات متعددة منها تلك التي تنشأ في الأعياد الدينية علي سبيل المثال فهي تظهر عادة في شهر رمضان أو عيد الفطر المبارك أو في أيام عيد الأضحي المبارك كما أنها قد تظهر مع أعياد الميلاد المجيد (الكريسماس) أو مع عيد القيامة المجيد. تتلخص العشوائية هنا في مناطق التحميل الكهربي، حيث أنها غالبا ما تزيد حدة التحميل المضاف في المناطق الشعبية ذات الطابع غير المنظم في أغلب الأحيان.



من الناحية الأخري نجد أن العشوائية تتمثل أيضا في فترات التحميل أو توقيتات التحميل الكهربي وهو ما قد يتداخل مع الأحمال القصوي (وقت الذروة) مما يعتبر خطرا مضافا إلي تشغيل الشبكة الكهربية ككل. إن ذلك يعني رفع معامل الخطورة في تشغيل الشبكة الكهربية مما يقلل من قيمة معامل الإعتمادية للتشغيل الأمن والصحيح للشبكة الكهربية.

أما عن التغذية الكهربية بطريقة غير صحيحة فهو ما يمكننا تصوره من التغذية المباشرة علي الشبكة الكهربية، ذلك أنه يعني التوصيل من خلال سكينة كهربية مباشرة علي الشبكة الكهربية أو بالإستعانة بمفتاح كهربي غير مناسب للقدرة المطلوبة أي أنه يكون بمقنن مرتفع جدا مما يتسبب في خفض معامل الحساسية للتمييز من ناحية الوقاية التلقائية بالشبكة وهو ما ينقل المشكلة الكهربية فنيا من موقع التحميل إلي أطراف الشكة الموحدة فيزيد من خطورة التحميل علي الشبكة ذاتها.

هذه الأحمال وإن كانت وقتية (غير مستديمة) إلا أنها تمثل عبءا شديدا علي الشبكة الكهربية للأسباب التالية:

1- الشكل الحملي غير متوقع إلا أنه عادة يكون ثابتا ولذلك يجب أن تحدد القواعد العامة الأساسية لضمان معرفة القدرة الفعلية المتواجدة من خلال شركات الكهربية وتقنين ذلك بقواعد التوصيل دون التعرض للمواجهات الإجتماعية التي قد تنشأ احيانا في مثل هذه الأوضاع.

2- الفترة الزمنية دائما تكون محددة علي وجه التقريب لكل حالة من كل هذه المناسبات فمثلا في شهر رمضان تكون الأحمال مستديمة من قبل الشهر بيوم أو ثلاث وتنتهي بعد عيد الفطر المبارك بيوم أو إثنين. كما انه قد تكون مدة خمسة أو ستة أيام في عيد

الأضحي المبارك وقد تكون أسبوعا في أعياد عيد الميلاد المجيد (الكريسماس) وقد تكون أسبوعا في مناسبة المولد النبوي الشريف وهكذا.

3- القدرة الكلية المستخدمة في هذا المكان كل علي انفراد تكون متغيرة ولا تتكرر بذات القيمة عادة نتيجة التقدم التقني والذي قد يضيف أشكالا حملية جديدة أو يقلل من القدرة الكهربية المستهلكة. إلا أنه من الهام تحديد القدرة المطلوبة لكل موقع حتي يمكن تغذيتها بالطريقة السليمة والآمنة.

4- الوقاية المستخدمة قد تكون غير مناسبة، ذلك لأنها تعتمد علي القدرة الكلية ونوعية الأحمال الطرفية ومن ثم يكون من الهام أن يتم تركيب هذه التوصيلات تحت الإشراف الفني والهندسي من شركة توزيع الكهرباء المختصة بما لديها من متخصصين في هذا المجال. كما أنها يجب أن تدرك الأوضاع الطرفية الطارئة حتي يمكن للشركة أن تتخذ الإجراءات الهندسية الملاءمة لتغطية أي قصور قد ينشأ من مثل هذه التوصيلات المضافة دون علم الشركة.

5- معدات الفصل والتوصيل قد تكون غير صالحة للإستخدام، حيث أنه لا بد من إختبار أدوات القطع الكهربي والتأكد من سلامتها وصلاحيتها للعمل درءا لأي عواقب سيئة قد تظهر خلال فترة التشغيل.

6- التوصيلات الكهربية المستخدمة قد تكون غير مطابقة للمواصفات من جهة مقننات العزل أو التيار أو الجهد وكلها معاملات جوهرية للتأكد من سلامة الأسلاك والأدوات والأجهزة التي سيتم الإستعانة بها.

7- قواعد الأمان الهندسي وحماية مستخدمي هذه الدوائر قد تكون غير متوفرة (أسس الأمن الصناعي والسلامة المهنية)، وذلك للحفاظ علي المارة بمناطق التوصيلات الكهربية سواء كان في الشارع والطريق أو داخل المنازل أو في الحدائق والمزارع. خصوصا وأنه تتواجد نوعيات من الكابلات محددة الغرض أي أنها تقاوم الرطوبة مثلا أو أنها تقاوم التواجد المائي أو الغازات إلي غير ذلك من الحالات.

8- التحميل المتجاوز عن المقنن لتشغيل الشبكة سواء للكابلات والمغذيات المتصلة مباشرة مع تلك الأحمال الكهربية أو بالنسبة لمحولات التوزيع والقواطع الخاصة بها. ذلك أن التحميل المتجاوز قد لا يضر بالتوصيلات الخاصة بالمناسبة ذاتها بل قد يضر الجيران من مستخدمى نفس المغذي الرنيسي والمشتركين معا في مغذي واحد أو محول واحد.

عموما هذه النوعية من الأحمال لا تتواجد في الدول المتقدمة ولكنها تتواجد في البلدان العربية وخصوصا في القري والتجمعات الشعبية والقليلة، كما أنها تختفي من الأحياء الراقية في المدن سواء الصغيرة أو الكبيرة.

3-7: أسئلة وتمارين Questions And Exercises

يختص هذا البند بوضع عددا من المسائل والتمارين لمناقشة القارئ من حيث المعني والمفهوم الهندسي لتقييم منحنيات الأحمال وكيفية التعامل معها مع فتح مجال الإعتماد علي الذات في التفكير والتعليق علي النتائج لرفع القدرة الفكرية بالمنطق الهندسي السليم. هكذا تم وضع هذا البند في إتجاهين أولهما هو لغة الأم (اللغة العربية)، والثاني لأكثر اللغات إنتشارا علي المستوي العالمي أي اللغة الإنجليزية.

أولا: تمارين باللغة العربية

1- إذا كان لديك حي سكني صغير يحتوي علي 5 بلوكات أبنية متجاورة بأبعاد لكل منها 80 m × 80 m بارتفاع 16 m ونحتاج إلي وضع شبكة إضاءة زينية. المطلوب حساب الإحتياجات الكلية لهذه الشبكة إذا كانت المسافة بين كل مصباحين هي 2 متر ويستخدم في التوصيلات أسلاك 0.25 mm^2، وهناك أيضا لوحة توزيع وتحكم رئيسية. المطلوب حساب القدرة الكلية المتوقعة وشكل منحني الأحمال خلال الفترة التشغيلية لهذا الحمل والوقاية المطلوبة لهذا الحمل.

2- إذا كان لديك مدخل للوحة توزيع رئيسية في حي شعبي بمقنن 150 A حيث تحتاج إلي توصيل أحمالا مؤقتة لتغطية مناسبة أفراح زواج وعليك أن تختار بين قاطعين الأول هو 200 A، 20 kA والثاني هو 300 A ، 15 kA فماذا تختار ولماذا وبين بالرسم والحساب كيف يتم الاختيار. مطلوب التعقيب علي المزايا والعيوب في الاختيار.

3- إذا كان لديك مدخل للوحة توزيع رئيسية في منطقة شعبية ومطلوب توصيل أحمال كهربية بمقنن 200 A في مناسبة خاصة وعليك أن تختار بين قاطعين الأول هو 200 A، 10 kA والثاني هو 300 A ، 15 kA فماذا تختار ولماذا وبين بالرسم والحساب

كيف يتم الاختيار. مطلوب التعقيب على المزايا والعيوب في الاختيار.

4- إذا كان لديك موقع للإحتفال بمناسبة ما في موقع ما ولديك مدخل للوحة توزيع رئيسية بمقنن 150 A وعليك أن تختار بين قاطعين الأول هو 200 A، 20 kA والثاني هو 300 A ، 30 kA فماذا تختار ولماذا مع الرسم والحساب لكيفية الاختيار. مطلوب التعقيب علي المزايا والعيوب في الاختيار.

5- ما الفرق بين الأحمال الداخلية والكلية

6- أذكر أنواع الأحمال المستخدمة في شبكات التوزيع الكهربية داخل المصانع الكبري وبين بالرسم خصائص كل نوع. مطلوب حساب المعاملات الفنية الهامة لمنحنيات الأحمال التي ظهرت. مطلوب التعليق علي النتائج وكيفية تحسين هذه المعاملات أو أي منها.

7- وضح فائدة قواطع الربط في الرسم الكهربي لمحطات المحولات في المصانع وعلاقتها بالأحمال والتغير العملي تبعا لمنحنيات الأحمال

8- ما هو نظام القضبان الأفضل لمحطات المحولات المغذية للمصانع الكبرى وما علاقة ذلك بالأحمال الكهربية النمطية التي تتواجد في هذه الحالات.

9- تكلم عن أنواع القواطع المستخدمة لتغذية الأحمال الكهربية المؤقتة في الشبكات الكهربية في المناسبات المختلفة

10- المطلوب إستنتاج منحنيات الحمل علي التيار المستمر في معمل مدرسي وأخر جامعي

11- ما الفرق بين المصهر والقاطع المنمنم وما علاقة ذلك بالأحمال الكهربية وتغيرها اليومي

12- هل تعمل الشبكات الكهربية علي معامل القدرة المتقدم أحيانا أم لا وما السبب في ذلك.

13- ما هي الأحمال المتوقعة للمخازن التي تعمل في مصانع الصناعات الغذائية لتخزين اللحوم وكيفية تخزين اللحوم فيها.

14- مطلوب تحديد أحمال كهربية كاملة لتغذية منطقة الورش بمصنع كبير.

15- ارسم شبكة كهربية لتغذية مصنع كبير موضحا بها الأسس العامة لتصميم الشبكات الكهربية للتوزيع الداخلي بالمصنع بناء علي منحنيات الأحمال الداخلية. مطلوب التعقيب.

16- أرسم منحني الأحمال لمخازن الأدوية في مصنع أدوية واشرح أجزائه وأحسب المعاملات الهندسية الهامة لمنحني الأحمال الكلي.

17- مطلوب إيجاد منحنيات الأحمال الداخلية وزالكلية لمنظومة التغذية الكهربية الخارجية لمصنع ضخم.

18- وضح في نقاط موجزة دون شرح الطاقات الجديدة والمتجددة الممكن استخدامها في مدينة إستوائية، ثم بين كيفية تأثير علي منحنيات الأحمال المغذية لهذه المدينة.

19- اشرح تأثير السخانات والطباخات الشمسية علي نمط منحنيات الأحمال في مدينة ذات مناخ حار جدا.

20- حدد منحنيات الأحمال الفرعية الخاصة بتغذية أنواع كاشفات الحريق في فندق. يجب أن يؤخذ في الإعتبار لوحات التحكم والتشغيل بنظام إنذار الحريق.

21- تكلم بالتفصيل عن الأمن الصناعي:

أ) عند العمل في دوائر الشبكات الكهربية.

ب) عند التعامل مع التوصيلات المؤقتة في شارع سكني.

22- ما هي الشروط الواجبة لاستمرار العمل الصيانى في شبكات التوزيع الكهربية الخارجية والخاصة بالمناسبات الطارئة.

23- حدد أنواع لوحات التوزيع الكهربي المستخدمة في شبكات التغذية الكهربية للحالات الطارئة والمناسبات الدينية والوطنية.

24- حدد أنواع لوحات التوزيع والتي تصلح للتركيب في المناسبات الطارئة وعرف الأسس المحددة لمواقعهم.

25- يعطي الشكل رقم 7 – 14 والذي يبين الرسم الأرضي لأربعة مناطق إنشائية متماثلة . كل مبني بأبعاد $160\ m \times 160\ m$ ويتكون من خمسة طوابق وفي كل طابق أربعة أقسام متساوية. المطلوب :

أ) حساب الأحمال العامة بالمصنع مثل الضخ والسحب والإنارة والأماكن التشغيلية داخل المصنع (أفرض أية بيانات مطلوبة للحساب)

ب) إيجاد القدرة الكلية المطلوبة للمصنع إذا ما كان القسم الواحد يحتاج إلي 50 kW غير الأحمال الأرضية والتي تبلغ في جملتها ما

يقرب من 200 kW.

ج) أوجد أيضا مقنن محطة المحولات المطلوبة لهذا المصنع الكبير إذا ما تم ربطها مع الشبكة الموحدة علي الجهد 66 kV كي تلبي طلبات المصنع في كل الأوقات ويدخل إليها خطين هوائيين متماثلين.

د) ارسم المخطوط الفردي لمحطة المحولات وبين علي الرسم كيفية توزيع الأحمال.

26- ضع تصورا عن الشكل الكهربي بمنحنيات الأحمال لتوزيع القدرة الكهربية في مصنع ضخم بأحدي المدن الكبري بنظام القضبان المزدوجة ثم عقب علي ما رسمته بالمقارنة مع النظم الأخرى.

27- أوجد التكلفة الكلية إذا ما تقدمت بعطاء يمثل مشروعا شبابيا له الموقع الموضح بالشكل رقم 7 – 15 حيث أبعاده الخارجية هي (30 m x 16 m) حيث يشمل ورشة ميكانيكية (للخراطة والثقب والتنعيم مع محول لحام) أبعادها (10 m x 6 m) وتحتوي أيضا علي مبني للتحكم الآلي من طابقين بأبعاد (6 m x 10 m) علما بأن الموقع c يعبر عن الحمام وباقي المواقع تمثل حجرات إدارية للعاملين بالمصنع. المطلوب تحديد منحنيات الأحمال التفصيلية لهذا الموقع وإستنتاج منحني الحمل الكلي ثم التعليق علي النتائج هندسيا.

Water Station
Zone A
Zone B
Municipality Station
Streets 50 m
S. S.
Zone D
Zone C
Telephone Central
Site A1
Site A2
Site A3
Site A4
Streets 30 m
A10
Public Service
Market Area
A5
Streets 30 m
A9
A8
A7
A6
Streets 10 m
Streets 10 m
الشكل رقم 7 -14:
خريطة الموقع : 9)أبنية 160 , m x 160 m لكل واحد)
مساحة المنطقة (10 مواقع: 500 m x 500 m each)
مناطق 4) مساحة الموقع متماثلة)

28- إذا كان لديك أحمالا هامة في مصنع ضخم هائل في استهلاك الطاقة الكهربية، مما يتطلب وجود أكثر من مولد ديزل في الموقع ليعملا معا في وقت واحد أو بالتتابع فإذا كانت العلاقة بين الوقود المستهلك *(M BTU/H)* والقدرة الناتجة *P* من المولد بوحدات *MW* تتبع المعادلة:

$$M\,BTU/H = 0.00016\,P^3 + 0.024\,P^2 + 4.8\,P + 100$$

أ) أوجد تكلفة الوقود بوحدات *$ / MWH* كدالة في القدرة الناتجة *(MW)* حيث سعر الوقود *75 cents/M BTU*

ب) ما هو متوسط تكلفة الوقود لكل *MW* إذا ما تم توليد قدرة قيمتها *5 MW*

ج) ما هي التكلفة المضافة إذا ما تم رفع القدرة الخارجة إلي *6 MW* بدلا من 5 ؟

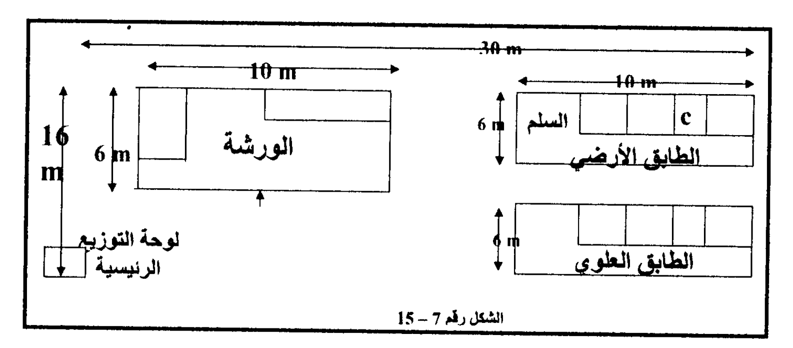
علما بأن لوحدتي التوليد معدل استهلاك الوقود *dF/dP* تبعا للمعادلتين (*F* تقدر بوحدات*H/ $* والقدرة بوحدات *MW*):

$$dF_1/dP_1 = 0.02\,P_1 + 4.4$$
$$dF_2/dP_2 = 0.024\,P_2 + 3.2 \qquad (7-1)$$

د) إذا عملت الوحدتان كل الوقت وكانت القدرة بين المستويين 1 و 6 *MW* فارسم قيمة λ بوحدات *$/MWH* مقابل القدرة الخارجة كاملة من الوحدتين عند أقل تكلفة للوقود عندما يتغير الحمل الكلي من 2 إلي 12 *MW*

هـ) أوجد التوفير الناتج بقيمة *($ / H)* إذا ما تم توليد قدرة كلية بقيمة 7 *MW*

و) حدد أشكال منحنيات الأحمال في كل الحالات السابقة مع التعليق علي التأثيرات المحتلفة.



الشكل رقم 7 – 15

29- ناقش مع التحليل والاستعانة بالرسم مسألة التمييز بين الأحمال النادرة وتلك التقليدية في شبكات التوزيع الكهربي المغذية للمناطق السكنية ثم وضح الفرق في هذا التمييز مع التوزيع الكهربي داخل الأبنية، ثم أكتب تعليقا مختصرا عن المزايا في كل من الحالتين .

30- المطلوب تقدير القدرة الكلية لدائرة كهربية علي مبني أبعاده 6 *m* × 30 *m* بارتفاع 6 *m* حيث تخصص 4 مصابيح (المصباح 220 V , 40 W) لكل 2 *m* وتحديد بيانات لوحة التوزيع الخاصة بالإضاءة لهذا المبني خلال فترة شهر رمضان.

31- في عنبر للخدمات الصناعية مطلوب تركيب بريزة 220 V, 1A, 50Hz, 1ϕ كل 10 *m* علي الجانبين بالتبادل علي ارتفاع 0.4 m من سطح الأرض وأبعاد العنبر هي 6 *m* × 40 *m* بارتفاع 6 *m*. مطلوب أيضا تركيب مصابيح الإنارة في منتصف السقف كل 2 *m* بعدد 4 مصابيح فلورسنت، والمطلوب:

أ) أوجد التكلفة الكلية لهذه التوصيلات مستعينا بالجدول الإرشادي للأسعار من الجدول رقم 7 – 8 الذي يعطي أسعارا تقريبية للمكونات المختلفة.

ب) حدد الشكل العام لمنحني الأحمال الكلي لهذا الموقع

الجدول رقم 7 – 8: أسعار مكونات الدائرة الكهربية

السعر (P.)	الجزء	السعر (P.)	الجزء
(10 A + 5 L)	السلك , L in m, A in mm^2	15	البادئ
5 I + 12 V	المصهر (I in Amp. , V in volts)	90	مصباح فلورسنت 40 W
45	المفتاح	140	شاسيه المصابيح رباعي
95	البريزة	40	الملف الخانق 40 W

32- محول ذاتي $3\ \phi$, 500 kVA , 11 kV / 0.4 kV بتوصيلة النجمة المؤرضة يغذي الأحمال التالية:

أولا: الطور R

أ) حمل إنارة 20 A علي بعد 100 m

ب) حمل صناعي 40 A علي بعد 300 m

ج) حمل محركات 50 A علي بعد 200 m

ثانيا: الطور S

أ) حمل إنارة 10 A علي بعد 200 m

ب) حمل صناعي 30 A علي بعد 100 m

ج) حمل محركات 20 A علي بعد 300 m

ثالثا: الطور T

أ) حمل إنارة 10 A علي بعد 300 m

ب) حمل صناعي 30 A علي بعد 200 m

ج) حمل محركات 30 A علي بعد 100 m

المطلوب:

أ) تصميم الرسم الخطي للتوصيلات الكهربية كاملا. احسب أقطار الكابلات المستخدمة والأسلاك أيضا للأطوار الثلاثة ولسلك التعادل.

ب) حدد علي الرسم مواقع أجهزة الحماية لكل فرع وكل طور أيضا.

ج) بين إذا ما كان ممكنا أن تتعامل بمنحنيات الأحمال وتأثيراتها المختلفة.

د) التعليق علي النتائج التي يتم التوصل إليها.

33- المطلوب تصميم مقاسات وأبعاد التوصيلات الواصلة من محول ذاتي قدرة 1 MW بمصنع جهد 11/0.4 kV ثلاثي الطور بتوصيلة النجمة لتغذية الأحمال المقننة تحت الظروف المختلفة التالية:

أ) الأحمال مستمرة لمدة 24 ساعة يوميا أي بدون انقطاع

ب) الأحمال مستمرة لمدة 10 ساعة متصلة يوميا

ج) الأحمال متقطعة لمدة إجمالية 10 ساعة يوميا

د) عند تنويع الأحمال تبعا لمدة سريانها ما هي أحمال المحول اليومية. أرسم المنحني المقترح.

34- مكتب الإدارة لمصنع صغير يتألف من حجرة $6\ m \times 10\ m$ وبها أربعة مكاتب لأربعة أفراد موزعة بالتماثل علي منتصف كل جانب بالحجرة حيث ارتفاعها هو 3 m. ومن المفروض أن يتم تركيب:

أ) بريزة خلف كل مكتب بجهد 220 V و تيار 1 A علي ارتفاع 0.4 m من سطح الأرض

ب) عدد 6 مصباح فلوري كل منها 40 W بمفتاح واحد يركب علي ارتفاع 1.5 m عند مدخل الحجرة

علما بان خط سير الأسلاك علي ارتفاع 2.5 m من سطح الأرض والمصابيح تتوسط الحجرة إما مركزة أو موزعة وأن التيار المار بالمصباح الفلورسنت 40 W هو 0.44 A

الجدول رقم 7 – 9: الأسعار بالقرش المصري (أسعار إرشادية)

السعر P	النوع	السعر P	النوع
140	40 W الملف الخانق	90	(40 W, 120 cm) مصباح فلوري
45	قاطع مفرد الطور	15	البادئ
10	(السعر لكل متر) خراطيم بلاستيك	10 A + 5 L	الأسلاك (A in mm^2 - L in m)
25	(120 cm) شاسيه المصباح	20 I + 4 V	المصهر (I in Amp. , V in volts)

أوجد:

أ) التكلفة الكلية لهذه التوصيلات بالاستعانة بالجدول أدناه (الجدول رقم 7 – 9) مع إمكانية فرض أية بيانات أخرى مطلوبة (مطلوب تحديد أي فرض مع أسباب الفرض).

ب) وضع منحنيات الأحمال الداخلية واستنتاج منحني الحمل الكلي للموقع ككل (المكتب).

35- يحتوي أحد العنابر في مصنع كبير علي المعدات الكهربية التالية:

أ) عدد 7 محركات بقدرة 1 Φ , 220 volts, ½ HP عند النقطة 1

ب) عدد 14 محركات 3 phase , 380 volts , 5 HP عند النقطة 2

ج) عدد 10 محركات 1 Φ , 110 volts , 1/8 HP عند النقطة 3

د) عدد 2 محول لحام 1 Φ , 220 volts 10 A يتحرك داخل الموقع في أي مكان

المطلوب:

أ) تصميم الرسم الخطي للتوصيلات الكهربية داخل العنبر إذا كانت تغذية العنبر بالكهرباء تأتي عند البوابة ومن لوحة توزيع فرعية تخص العنبر .

ب) جدولة أطوال ومقننات الأسلاك المطلوبة للتركيب.

ج) اختيار نوعية الوقاية المناسبة لدوائر المحركات مع اعتبار أن الدخول ثلاثي الطور من خلال قاطع ثلاثي.

د) حساب قدرة القطع لهذا القاطع.

هـ) رسم منحني الأحمال الكلي للموقع.

36- في مصنع يعمل بأسلوب الإنتاج بالجملة تم الاستعانة بنظام خط الإنتاج، كل خط إنتاج يشمل عدد 10 محركات متماثلة ومتتابعة بمسافة 5 m ولكل خط نوعية محددة من المحركات فقد كان الخط الأول يعمل بالمحركات 1Φ , 220 V, 10 HP والثاني بالمحركات 380 V, 5 HP ثلاثية الطور، بينما الثالث يشمل المحركات 3 Φ ; 380 V, ½ HP المسافة بين كل خطين هي 10 m وكان الترتيب هو الأول ثم الثاني ثم الثالث. المسافة إلي الحائط من الخط كانت 6 m في كل الأحوال.

المطلوب:

أ) التصميم الكامل لشبكة الكهرباء الخاصة بهذا الموقع حيث أن مدخل التغذية من لوحة التوزيع عند المدخل (علي امتداد طول الخط).

ب) وضع منحنيات الأحمال المختلفة للموقع.

ج) تحديد منحني معامل القدرة اليومي.

أفرض أية بيانات ضرورية وممكن استخدام الجداول الهندسية.

ثانيا: تمارين باللغة الإنجليزية

1- A 3 phase arc furnace capable of melting 5 tones of steel in one hour. If the input current is 10 KA corresponding to the estimated kilowatt input . And the resistance and reactance of the furnace loads and transformer for one phase are 0.002 Ω and 0.004 Ω, respectively. Calculate the average input power , the arc voltage and the total power taken from supply ? the overall efficiency of the furnace may be taken as 50% , Specific heat of steel is 0.12 kcal/kg deg. C, latent heat of fusion of steel 8.89 kcal/kg, melting point of steel 1370°C.

2- Calculate the loading of an immersion-heater element to raise 200 liters of water through 80°C in 2 hr. Assume an efficiency of 93%.

Find the loss of heat and the rate of cooling of water in degrees centigrade per hour for this heater if it has a surface area of 3.7m^2. Assume that the tank heat losses with standard lagging are 44 WH/m^2 per hr.

3- In an air-conditioning plant it is required to raise the temperature of 2000 m^3 of air per hour from 7°C to 20°C. It is further necessary to evaporate 0.5 kg of moisture per 100m^3 of air per hour to control the humidity. The density of air may be taken as 1.29 kg/m^3, its specific heat as 0.24, and the latent heat of evaporation as 51 cal/g. Calculate the power required.

4- A low-frequency induction furnace operating at 10 V in the secondary circuit takes 0.5 MW at a power factor of 0.6 when the hearth is full. If the secondary voltage is maintained at 10V, estimate the power absorbed, and the power factory when the hearth is half-full. Assume the reactance to remain the same.

5- A room measures 3.7 x 3.7 x 4.3 m. The air in it is to be renewed every 30 min. and maintained at a temperature of 10°C & above that of the incoming air. Find the necessary rating of an electric heater ignoring losses. Find also the rating if the heat loss from the walls, ...etc., is 180 Kcal/°C per hour. take for air: density 1 28 g per liter, specific heat 0.24.

6- Calculate the rating of an induction furnace to melt 60 kg of tin per hour.

Table 7 - 10 : Assumed quantities

Title	Quantity	Title	Quantity
Melting temperature of tin	231°C	Specific heat of tin	0.055 cal/kg-°C
Latent heat of liquefaction	13.31 kcal/kg	Initial temperature of metal	16°C
Thermal efficiency	70%		

7- If the given data in the above problem has represented a sample of a whole population repeat the above requirements

8- If each p. f. in the above problem 1 is increased only by 0,05, find the average load using the computer program

9- For all above cases compute the standard deviation through the computer program.

10- Considering the data of problem 1 but on the basis of data grouping, write the computer program to calculate the above items for the cases:

a) Grouping by week

b) Grouping by zone

Find the grouped mean in above cases

Compare also, the results with that of above problems.

This means that comparison should be done between all above results and this may be based on the computer program

11- The standard load curves are given in Table 7 – 11 with different zones of a big city where these loads are typical and will be used to design the substation required to be installed for the city.

The approximated power factor for each type of loads at different zones is listed in Table 7 – 12.

The percentage content of each standard load inside the total load of each zone is given in the Table 7 – 13.

Table 7 - 11: The typical standard load curves

Load	light	motor	Chemical	Municipality	Commercial	Industrial
12	33	30	80	80	22	25
1	31.5	30	80	85	22	32
2	30	30	80	85	22	30
3	25	30	90	100	20	35
4	20	30	90	100	18	44
5	20	30	90	100	18	52
6	30	30	100	100	25	66
7	30	30	100	100	41	66
8	30	100	100	90	63	75
9	30	100	100	75	86	91
10	30	100	100	60	100	95
11	30	100	100	60	97	93
12	30	100	100	60	100	100
1	27.5	100	95	60	91	98
2	25	100	90	60	100	98
3	18	100	90	60	93	96
4	18	70	90	60	84	95
5	35	70	100	60	70	91
6	53	70	100	65	61	83
7	70	70	100	70	55	76
8	100	70	100	80	52	61
9	100	70	97.5	100	44	57
10	90	70	95	100	32	42
11	68	70	90	100	28	31

Table 7 - 12: Approximated power factors

Zone	light	motor	Chemical	Municipality	Commercial	Industrial
1	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8	0.8
2	0.6	0.6	0.92	0.71	0.6	0.85
3	0.4	0.8	0.93	0.72	0.7	0.75
4	0.5	0.75	0.95	0.8	0.65	0.7
5	0.4	0.65	0.9	0.75	0.75	0.81
6	0.6	0.7	0.8	0.74	0.85	0.78

Write a computer program to calculate the following in kW, kVA, kVAR & kA:

a) Average daily load for each zone.

b) Average daily load for the total load in the city.

12- For the last problem above deduce the standard deviation in all cases.

13- Compare between the two standard load curves (Domestic and Industrial). Then:

Find the different factors. Comment.

14- For a load curve given below in Table 7 - 14 (Values begin with midnight) find the total power in MVA if the power factor is varied as given:

Table 7 - 13: The percentage content of standard load in the total load: (part 1)

Day	light	motor	Chemical	Municipality	Commercial	Industry	Zone
Saturday	15	10	20	20	25	10	
Sunday	20	10	15	10	30	15	
Monday	15	5	20	20	10	20	
Thursday	15	10	20	20	25	10	
Wednesday	15	20	20	20	15	10	1
Tuesday	30	5	15	30	15	5	
Friday	28	2	-	30	40	-	
Saturday	15	10	20	20	15	20	
Sunday	20	10	15	20	20	15	
Monday	15	5	20	20	10	20	
Thursday	15	10	40	-	25	10	
Wednesday	15	20	20	20	15	10	2
Tuesday	30	5	15	30	15	5	
Friday	28	2	-	30	30	10	

15- For the given new city (See Fig. 7 - 15):

Assume that the population is increasing as 4 buildings / month where the initial population has been 8 buildings only. Find:

a) The daily load curve for each month (till the full capacity of the city).

b) Tabulate the variation of the parameters of load curve with time.

d) Compute the statistical parameters for the deduced curves per each month.

d) For the shown figure (Fig. 7 - 15), design the single line diagram of the feeding station 110 / 11 kV where the in going lines are two 110 kV double circuit lines.

Table 7 - 13: The percentage content of standard load in the total load (part 2)

Day	light	motor	Chemical	Municipality	Commercial	Industry	Zone
Saturday	15	10	20	20	25	10	3
Sunday	20	10	15	10	30	15	
Monday	15	5	20	20	10	20	
Thursday	25	-	20	20	25	10	
Wednesday	15	20	20	20	15	10	
Tuesday	30	20	-	30	15	5	
Friday	28	2	-	20	30	20	
Saturday	15	10	20	20	25	10	4
Sunday	20	10	15	10	30	15	
Monday	15	5	20	20	10	20	
Thursday	15	10	20	20	25	10	
Wednesday	15	20	20	20	15	10	
Tuesday	30	5	15	30	-	20	
Friday	28	2	-	30	40	-	
Saturday	15	30	20	-	25	10	5
Sunday	20	10	15	-	30	25	
Monday	15	5	20	20	10	20	
Thursday	15	-	30	20	25	10	
Wednesday	15	20	20	20	15	10	
Tuesday	30	5	15	30	15	5	
Friday	28	2	-	30	40	-	
Saturday	15	20	20	20	25	-	6
Sunday	20	10	15	10	30	15	
Monday	15	5	20	40	10	-	
Thursday	15	10	20	20	25	10	
Wednesday	15	20	20	20	15	10	
Tuesday	30	5	15	30	15	5	
Friday	30	-	-	30	40	-	

16- Draw the Lay Out for a 400 kV transformer outdoor cell if a triple bus bar system is used and try to draw the lay out for the single (Bus Tie/Bus Coupler) cell with triple B. B. system.

17- In the shown figures(Fig. 7 - 15), a new city includes 4 Identical Zones, each building of 200 m x 200 m contains 2 floors plus ground one, 4 departments /floor). It is required to evaluate:

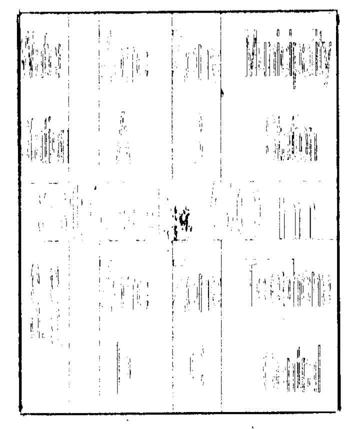
a) All standard percentage load curves for: A single department, street lighting, single building, public service & market area.

b) Calculate the daily load curve for the feeding supply station when the percentage of the total load of 60 MW can be distributed as: public service (10%), market zone (10 %), buildings (40 %), water pumping station (20 %), street lighting (5 %), municipality (10 %) and telephone central of 10000 lines (5 %).

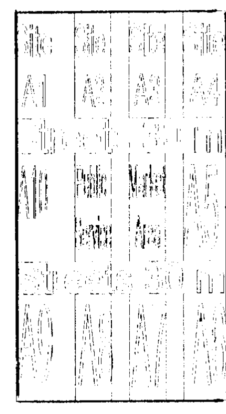
c) Deduce the basic factors for such a final load curve.

Table 7 – 14: The Load Curve Readings

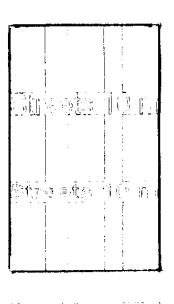
Time (H)	12	1	2	3	4	5	6	7
Load (MW)	2	1	2	1	2	4	4	4
P. factor	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4
Time (H)	8	9	10	11	12	1	2	3
Load (MW)	5	6	7	6	6	7	7	5
P. factor	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.95	0.8
Time (H)	4	5	6	7	8	9	10	11
Load (MW)	5	7	8	10	13	14	20	7
P. factor	0.7	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.9



New City Area (4 Identical Zone)



Zone Area (10 Sites: 620 m x 620 m each)



Site Area: (9 Buildings, 200 m x 200 m each)

(Fig. 7 - 15)

18- Compare between the two standard load curves (Domestic and Industrial). Find the different factors. Comment.

19- Design a complete single line diagram for a 3- section single bus bar system. Assume 3 input feeders and 9 out going lines. Comment on the Drawing. Use the principle of load curves.

20- Put a standard daily load curve (in percentage and then in numbers) for an individual refrigerator. If this refrigerator is installed in homes and houses, deduce the daily load curve of such a load for a single building. Then, find the daily load curve of refrigeration in a city. Comment if you need.

21-Use the above table for weekly loads to find:

a) the total monthly load curves (in tables) in MVAR, MW and MVA. b) draw the p. f. curve.

22- If the motors load is measured in summer and winter, it is found an increase of 20 % and 30 % of the rating, respectively. The other loads were the same without any increase then, deduce:

a) Summer load curves in MVA, MVAR and MW

b) Winter load curves in MVA, MVAR and MW

c) P. f. curves in summer and winter

d) Calculate the standard factors for both cases

e) Compare with the original condition

23-Considering the monthly curves of problem No. 22 are the same (without increase) in spring and autumn, then:

a) Get the yearly load curve (annual) in MVA, MVAR and MW.

b) Find the average annual p. f. curve.

c) Determine all possible factors for the curves.

24- Assume that the deduced annual load curve in problem 22 is representing the load of Egypt while that of problem 21 is the Load curve of Libya. If there was 1 hour as a time difference between the tow countries, Find:

a) load curves for the combined network in MVA, MVAR and MW.

b) The average p.f. variation

c) The diversity factor

d) Load factor

25- Suppose that the load of Egypt is that of problem 21 while that for Libya as it is as problem 22. Repeat the above calculations in problem 24.

26-Now add the load curve of problem 25 (representing the load in Morocco) and the loads of Egypt and Libya as in problem 21. Then:

a) Deduce the total load curves in MVA, MVAR and MW if the time difference referring to Egypt is 0, 1, and 4 respectively.

b) Find the p.f. curve in the general Arabic network.

27- Assume any data to draw the single line diagram for a steam power station having:

a) 11 kV generators: 2 x 75 MVA, 3 x 70 MVA, one x 40 MVA and 1 x 10 MVA.

b) 11 kV different loads distributed as: 4 x 10 MVA, 2 x 5 MVA and 1 x 3 MVA.

c) 66 kV level for transmitting loads as: 2x 50 MVA and 1 x 30 MVA.

d) 220 kV load: 3 x 70 MVA.

e) Transformers: 3 x 20 MVA, 11/66 kV, 2 x 125 MVA, 11/66/220 kV & 3 x 75 MVA, 11/66/220 kV.

For the double section double bus bar system try to use only one circuit breaker with any quantity of isolating link to get the connection diagram in the correct form.

28-- Put the single line diagram for a power station having:

a) generators: 2 x 50 MVA, 11 kV & 3 x 30 MVA, 11 kV

b) transformers: 2 x 50 MVA, 11/66 kV, 3 x 30 MVA, 11/66 kV & 3 x 400 kVA, 11/0.4 kV

Also, Outage is:

a) 2 cables x 10 MVA , 11 kV ,

b) 6 overhead lines x 30 MVA, 66 kV &

c) 2 lines x 20 MVA, 66 kV

29- A power station must be designed to supply the following loads of Table 7 – 14.

Table 7 – 15: Load Curve Data

Time, H	From	0	4	8	12	3	4	7	9
	to	4	8	12	3	4	7	9	0
Power, MW		40	60	70	80	90	100	120	80

If there are:

a) 3 generators each of 20 MVA , 11 kV

b) 2 generators, 40 MVA, 11 kV each

c) 2 transformers, 40 MVA, 11/66 kV each

d) 2 transformers, 20 MVA, 11/66 kV each

e) 4 transformers, 10 MVA, 11/66 kV.

Give the complete connection diagram for the best design.

الفصل الثامن

تسعير الطاقة الكهربية

PRICING OF ELECTRIC ENERGY

كما رأينا في الموضوعات المختلفة في الفصول السابقة من هذا الكتيب أن الأحمال الكهربية هي المطلوبة للتعامل معها بين شركات أو جهات الإنتاج للطاقة الكهربية وبين جهات نقل هذه الطاقة إلي أطراف الشبكة الرئيسية عند المستهلك وبالتالي يدخل مع هذه الجهات (إنتاج ونقل) جهات أو شركات توزيع الطاقة الكهربية. من الناحية الأخري يبين أن الطاقة الكهربية هي المساحة الهندسية تحت منحنيات الأحمال ومن ثم تعتمد الطاقة الكهربية علي الأحمال الكهربية الماتمثلة في منحنيات الأحمال.

جدول رقم 8 - 1: تطور متوسط نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية المستهلكة في بعض دول العالم من عام 1984 الى 1988

الدولة	1984	1985	1986	1987	1988
متوسط عالمي	1956	2006	2038	2110	2158
أوربا	4897	5066	5166	5420	5538
النرويج	23662	24599	24667	24764	24747
ألمانيا الغربية	6488	6706	6755	6909	7070
اتحاد سوفيتى	5340	5472	5624	5792	5851
فرنسا	5137	5478	5732	6272	6364
اليونان	2767	2867	2962	3072	3343
أمريكا الشمالية	7732	7913	7923	8205	8474
كندا	15855	16498	16955	17468	18263
ولايات متحدة	10674	10904	10916	11358	11769
المكسيك	1128	1176	1179	1239	1285
أمريكا الجنوبية	1279	1340	1417	1456	1504
أفريقيا	417	439	475	475	480
جنوب أفريقيا	3384	3351	3859	2897	3980
ليبيا	2091	3128	3374	3820	3780
الجزائر	535	564	579	549	584
مصر	571	609	645	673	688
أسيا	603	632	656	697	730
اليابان	5404	5565	5573	5898	6157
اسرائيل	3507	3653	3698	3918	4318
المملكة العربية السعودية	2797	2898	3071	3232	3229
العراق	1206	1320	1354	1340	1328
سوريا	668	683	727	710	695
الصين	366	396	427	466	497
الهند	227	238	257	272	291
استراليا	7288	7676	7906	8187	8518

هكذا تصبح الطاقة الكهربية موضوعا هاما بالنسبة لدراسة الأحمال الكهربية وهي التي تباع للمستهلك أي أن تكلفة الإنتاج والنقل

والتوزيع تعتمد أساسا علي شكل الأحمال الكهربية. ذلك يدعونا إلي أن نؤكد علي أن أسعار بيع الطاقة الكهربية يعتمد بالدرجة الأولي علي منحنيات الأحمال. العالم يتناول هذا الموضوع بأنماط مختلفة تبعا للنظام والبنيان الإقتصادي كما يتم التعامل بأسس متباينة داخل كل نظام بل وقد يصل الأمر أحيانانا أن يكون التعامل مختلفا داخل الدولة الواحدة.

نظرا لأن العالم يضع معدل إستهلاك الفرد للطاقة الكهربية معيارا لقياس تقدم الأمم فقد كان من الضروري التوجه نحو التوسع في نشر إستخداماتها بصورة موسعة مما سوف يعود علي المجتمع من خير نتيجة لذلك. يأتي هذا الخير من ناحية التقدم التكنولوجي والتوسع في الإستخدامات الكهربية، فقد انتشرت الأجهزة المنزلية والأدوات الصناعية والوسائل الترفيهية بشكل مذهل وهي كلها تستهلك الطاقة الكهربية. يشير الجدول رقم 8-1 إلي التقدم القراءات المقدمة إحصائيا عن مستوي متوسط الفرد علي المستوي العالمي في كافة الدول والقارات، والذي يوضح مستوي الدول المتقدمة عن تلك الفقيرة أو النامية. إن هذه الأرقام وإن كانت مسجلة في العقد قبل الأخير من القرن الماضي إلا أنها قراءات مقارنة وتستمر علي الفارق إن لم يزيد بين الدول المتقدمة وتلك الفقرة.

إن تسعير الطاقة الكهربية يختلف من دولة إلي أخري بل وقد يعتمد علي النظام الإقتصادي بالدولة كما أنه أحيانا يدخل المعامل الإجتماعي في تقدير السعر المناسب لبيع الطاقة الكهربية للجمهور أو المستهلكين بصورة عامة. من هنا تأخذ عملية التسعير للطاقة الكهربية أهمية خاصة عند تقديرها بل وتطبيقها في أغلب الأحيان، خصوصا وأنه في بعض الدول قد تتواجد أكثر من شركة لتوفير أو بيع الطاقة الكهربية في الموقع الواحد. هكذا نتناول الموضوع الخاص بالتسعير للطاقة الكهربية عموما بينما نضع بعضا من التعريفة الكهربية في عدد من الدول العربية. إن ذلك لا بد وأن يتم علي نطاق ضيق بينما نعرضه بصورتة الشمولية من حيث المبادئ أو مناهج التسعير زيادة في الفهم والتقصي من أهمية هذه العملية. تزداد هذه الفكرة أهمية عندما يكون هناك تبادلا في الطاقة الكهربية، وخصوصا عند التعامل من خلال الشبكة الكهربية العربية الموحدة.

8-1: الأحمال العربية Arabic Electric Loads

تتنوع الأحمال العربية تبعا لنوعية وسعة الشبكة الكهربية في كل دولة منها بل وتتباين هذه النوعية من الأحمال تبعا لشكل الشبكة الكهربية الداخلية سواء كانت ضمن الشبكة الموحدة أو حتي في داخل شبكات بسيطة منعزلة عن البقية الأخري المتمثلة في الشبكة الكهربية الموحدة، سواء كان هناك إرتباطا مع أحمال أخري أو منفردة لذات الحمل.نضع أحد الدول العربية مثالا لهذا التنوع والتباين وسوف نختار في هذه الجزئية الجمهورية السودانية طبقا للإحصائيات الرسمية الصادرة عن السودان كنموذج للدول العربية في دراسة الأحمال الكهربية.

جدول رقم 8- 2: محطات التوليد المائية بالشبكة الوطنية السودانية عام 2004

أهم محطة التوليد	تاريخ إنشائها	عدد الوحدات	سعة الوحدة (MW)	القدرة (MW)	
				المقنن	المتاحة
ROSSIERS	1972 1989	7	40	280	280
SENNAR	1962	2	7.5	15	14
Girba Turbine	1964	2	5.3	10.6	10.6
Girba Pumps	1964	3	2.4	7.2	7.2
JABAL AULIA	2003	8	3.6	28.8	21.6
إجمالي				341.6	333.4

إحصائيا لبعض الشبكات الكهربية المتباينة نجد أن الجدول رقم 8-2 يعرض بيانا بمحطات التوليد المتصلة في الشبكة القومية السودانية الموحدة لنوعية المحطات المائية لما تتسم به الطبيعة الجغرافية في السودان حيث المساقط المائية. من الجدول يبين لنا أن الطاقة المستغلة من المحطات المائية المقننة مستغلة تماما ومعامل الإستغلال يصل إلي (333.4 / 341.6) أي 0.976 وهو ما يقرب من الوحدة. وهذا من جانبه يمثل مؤشرا جيدا بأن الطاقة المولدة تستغل بالكامل، خصوصا وأن هذه المحطات غير مكلفة في التشغيل

لأن القينة الثابتة هي أساس التكلفة الكلية أي في الإنشاء.

جدول رقم 8- 3: محطات التوليد البخارية بالشبكة الوطنية السودانية عام 2004

أسم محطة التوليد	تاريخ إنشائها	عدد الوحدات	سعة الوحدة (MW)	القدرة (MW)	
				المقتن	المتاحة
Dr. Sherief (1)	1984	2	30	180	174
Dr. Sherief(2)	1994	2	60		

من الجهة الأخري نجد أن الجدول رقم 8- 3 يأتي ببيان المحطات البخارية المتواجدة في الشبكة الكهربية الموحدة بينما في ذات الدولة (السودان)، كما نجد في الجدول رقم 8- 4 بيانا إحصائيا لنفس العام لكل هذه القراءات عن العام 2004 عن محطات الديزل الموجودة بالشبكة الوطنية بالسودان. إن تواجد محطات الديزل هاما وأساسيا لتغطية الأحمال القصوي في الشبكة عند اللزوم كما تظهر أهمية هذه النوعية من المحطات في حالات الطوارئ أو مع حدوث الكوارث سواء كانت كوارث طبيعية مثل الزلازل والبراكين والسيول والعواصف وغيرها أو كانت كوارث صناعية مثل الحوادث الكبري والحرائق الشاملة وغيرها.

جدول رقم 8- 4: محطات التوليد الديزيل بالشبكة الوطنية السودانية عام 2004

أسم محطة التوليد	تاريخ إنشائها	عدد الوحدات	سعة الوحدة (MW)	القدرة (MW)	
				المقتن	المتاحة
EL GIRBA	1984	2	2.5	5	4
KASSALA (1)	1982	4	1	7.5	3
KASSALA (2)	1990	1	3.5		
FAO	2004	2	6.3	12.6	10
إجمالي				25.1	17

جدير بالذكر أن هذه القراءات التي جاءت في الجدول رقم 8 – 4 بالنسبة للمحطات البخارية بالسودان تشير إلي أن المحطات كاملة البناء وقائمة علي التشغيل في الشبكة الموحدة بجمهورية السودان. هذا هو ما يدعونا إلي النظر إلي أهمية إستغلال المساقط المائية لطبيعتها الجغرافية وتواجد فارق المساقط المائية التي تتيح هذه الفرصة لتوليد أكبر قدر ممكن من الطاقة الكهربية من خلال المساقط المائية الطبيعية.

جدول رقم 8- 5: محطات التوليد الغازية بالشبكة الوطنية السودانية عام 2004

أسم محطة التوليد	تاريخ إنشائها	عدد الوحدات	سعة الوحدة (MW)	القدرة (MW)	
				المقتن	المتاحة
Dr. Sherief	1986	2	20	90	64
		2	25		
KILO X	1969	1	15	15	7
KUKU (1)	1986	1	15	25	20
KUKU (2)		1	10		
إجمالي				130	91

نري أيضا الجدول رقم 8-5 مجدولا بالبيان الإحصائي عن محطات التوليد بدولة السودان والذي يقدم محطات التوليد الغازية مع تحديد موعد الإنشاء وقدرة كل محطة وعدد الوحدات بها.

جدول رقم 8- 6: محطات التوليد بالدورة المركبة بالشبكة الوطنية السودانية عام 2004

القدرة (MW) المتاحة	القدرة (MW) المقنن	سعة الوحدة (MW)	عدد وحدات	تاريخ إنشائها	أسم محطة التوليد
180	210	35	6		GARRI
90	120	40	3	2003	GARRI(1)
270	330				إجمالي

كما يأتي الجدول رقم 8-6 بالمحطات الكهربية العاملة بالدورة المركبة المتواجدة أيضا في السودان وهي المحطات التي يتم فيها رفع كفاءة التوليد أو الإنتاج الكهربي بالنسبة للوقود أي الأستغلال الأقصي لإنتاج الطاقة الكهربية من الوقود المستخدم.

من هذه الجداول مجتمعة يمكننا التوصل إلي أن الشبكة الموحدة بجمهورية السودان تعمل علي أساس الإنتاج المتنوع من حيث الوقود المستخدم، بينما نلاحظ عدم وجود لإنتاج الطاقة الكهربية من خلال المحطات النووية بالرغم من أن هذه النوعية من المحطات هي الأرخص.

جدول رقم 8- 7: محطات التوليد بقدرة (MW) للمناطق المنعزلة السودانية عام 2004

القدرة المتاحة	قدرة مقننة (MW)	عدد وحدات	تاريخ الإنشاء	المحطة
48.2	58.56	51	(A) 2003 (B) 1997 (C) 1983 (D)1997	Port Sudan
19.6	23.6	10	1985	Atbara
10.6	12.72	11	1981	Shendi
1.5	1.8	3	2004	Wadi Halfa
12.3	17	11	1981	Dongola
8.4	10.2	4	2004	Karema
12	13.8	4	1987	Elobied
2.05	3.2	4	1994	Umrawaba
8	9.4	4	1985	Nyala
4.4	9.2	10	1983	ElFasher
2.5	3.12	5	1989	ElGInina
1.6	2	2	2004	Aldaeen
1.6	2	2	2004	Kadogly
1.6	2	2	2004	Elnehood
3.2	5	5	1986	Juba
1.6	2.6	3	2002	Malakal
1.4	1.6	2	1983	Wau
135.75	171.8		Total	

ذلك قد يعود إلي الحاجة الضرورية للتقنية الهامة في الحصول علي الوقود النووي من جهة وكذلك دقة الأمان الذي يعتمد علي الإلتزام

التام في تشغيل مثل هذه النوعية من المحطات من الناحية الأخري. يمكننا أيضا التعرف علي نمط الإستهلاك والذروات المختلفة في منحنيات الأحمال، حتي نستطيع التعرف علي مدي أهمية تواجد مثل هذه المحطات. يزيد من عبء التوجه نحو هذه المحطات ما حدث في القرن الماضي من كارثة محطة تشيرنوبل في دولة أوكرانيا وشبح الضحايا والخسائر الهائلة.

أما عن المناطق المنعزلة جغرافيا في السودان كدراسة كاملة عن السودان الشقيق من حيث الأحمال الكهربية وأهميتها كي ترتبط الدول العربية معا في شبكة كهربية موحدة، فنجد أن الطبيعة الجغرافية الجبلية بالسودان قد جعلت العمران والتعمير قليلا وبطيئا. هكذا نجد أن السودان مثلا حيا في أهمية الربط ليس الحارجي فقط بل والداخلي أيضا، أي أن مبدأ الربط الكهربي مفيدا جدا للسودان لأنه سوف يغطي كافة الأحمال المطلوبة. لا يفوتنا أن نذكر أن توحيد الشبكة الكهربية بالسودان أي ربط الشبكة الموحدة بالشبكات المستقلة المنعزلة سوف يعود بالخير الكبير عليها لأن هذا الربط سوف يساعد علي التنمية البشرية من جهة ويزيد من معدلات التعمير الإقتصادي بالدولة ككل من جهة أخري.

من هذا المنطلق نجد أن الضرورة حتمية من أجل رخاء الشعوب ككل والتجمعات البشرية القليلة علي وجه خاص، أي أن الربط الكهربي الداخلي هام من أجل التجمعات البشرية القليلة والمتمثلة في القري والنجوع. يزيد من سرعة التعمير والبناء نلك الربط الكهربي مع الدول الجيران، خصوصا وأن المعوقات تتمثل في رأس المال اللازم للعمران والتعمير. هذا رأس المال كطلب سوف يختفي تماما إذا ما تم الربط كهربيا مع الجيران، وسوف تنحصر التكلفة في شراءالطاقة الكهربية من الشبكات للدول المجاورة. هذه العملية قليلة التكلفة من الناحية الإقتصادية كما تؤكدها دراسات الجدوي التي تحدد أدوات وتكلفة الربط الكهربي. كما أن السودان يستطيع بيع الطاقة الكهربية في أوقات الحمل الأدني من خلال النمحطات المائية والتي تعود عليه بالخير أيضا كفائدة من الربط الكهربي. علي الجانب الأخر يقدم الجدول رقم 8- 7 بيانا إحصائيا عن المحطات الكهربية المختلفة التي تتواجد في الشبكات البسيطة المعزولة نتيجة الواقع الجغرافي والسكاني والتطويري بالبلاد.

من الجدول السابق نري التفرد والتباعد بين التوصيلات الكهربية متعددا وهو ما يؤكد ما نكرناه عن الربط الكهربي وأهميته، كما نجد أن التنوع في إستخدام الوقود (ما عدا النووي) قد جاء متباينا كما سبق وأوضحناه. هكذا نجد أن التوزيع النسبي بين الوقود المستخدم للمحطات المختلفة قد تم جدولته عن العام 2005 بالسودان تبعا للإحصائيات الرسمية كما نراها في الجدول رقم 8 – 8.

الجدول رقم 8 – 8: كميات الوقود المستخدمة (بالطن) بالسودان لعام 2005

الوقود	فيرنس	ديزل	غاز اويل	المجموع
القيمة بالطن	328741	60472	311233	700446
النسبة المنوية	46.93	8.63	0.444	100

نظرا لأن العمران بطيئا يكون هناك الطلب علي الطاقة مرتفعا ومن ثم يكون النمو عاليا من الناحية الكهربية تبعًا للإحصائيات الرسمية للعام 2005 كما نراها في الجدول رقم 8 – 9 والذي يوضح الزيادة السكانية علي الطلب علي الطاقة الكهربية نسبة للعام السابق 2004 بقراءاته في الجداول السابقة. ورد بالجدول عدد السكان للعام الميلادي 2005 واستهلاك الطاقة الكهربانية بالنسبة للفرد عام 2004 ومعدل زيادة المشتركين في إستهلاك الطاقة الكهربية مشيرا إلي إرتفاع هذه النسبة والتي تزيد عن 15 ضعف من نسبة النمو السكاني.

الجدول رقم 8 – 9: مؤشرات الزيادة في المستهلكين للطاقة الكهربية بالسودان لعام 2005

السكان		الزيادة	استهلاك الفرد لعام 2004 م	
أعداد 2005	النمو %	(%)	كهرباء (ك و س)	وقود.(كجم)
35441158	2.63	32.2	648	152

أما بالنسبة لعدد المشتركين المتنامي فقد بينه الجدول رقم 8 – 10 حيث جاءت الأعداد عن العام 2005 ثم تم حصرها بالنسبة المنوية لتوضيخ طبيعة المجتمع ككل ومن ثم يكون محددا الشكل العام للنمط الحملي في منحنيات الأحمال.

الجدول رقم 8 – 10: المشتركين في السودان لعام 2005 تبعا للقطاعات المختلفة

القطاع	سكني	صناعي	موحدة	زراعي	حكومي	مجموع
أعداد	719637	1138	103304	5598	17524	847219
نسبة منوية	84.93	0.134	12.194	0.661	2.068	100

من النتائج المحسوبة نتمكن من قراءة النمط الإستهلاكي للطاقة الكهربية في السودان حيث أن الإستهلاك السكاني يستقطع 84.93 % من إجمالي الطاقة المنتجة في السودان وهذا يعطي لنا الصورة التي عليها منحنيات الأحمال في السودان. كما يتضح أن الحمل الصناعي يعبر عن أدني حمل أي أن الدولة غير صناعية، مما يستوجب وضع الخطط التنموية للصعود بالدولة خصوصا وأن الإحصائيات الرسمية تشير إلى التخطيط المستقبلي حتي العام 2014 كما هو مدرج في الجدول رقم 8 – 11 والذي يوضح النمو المنشود والذي يقرب من 13 و 15 % أحيانا في الطلب علي الطاقة الكهربية مع نمو في إجمالي الطاقة الكهلاربية المنتجة يصل إلي 34.6 % أحيانا أخري.

الجدول رقم 8 – 11: الطلب علي الطاقة الكهربية (جيجا وات ساعة) بالسودان حتي 2014 م

السنة	الطلب علي الكهرباء		الحمل الاقصي	
	ك و س	نسبة النمو %	(م. و.)	نسبة النمو %
2006	13733.4		2283	
2007	15618.4	13.7	3074	34.6
2008	17635.5	13	3421	11.3
2009	19754.2	12.01	3888	13.7
2010	22816.3	15.5	4340	11.6
2011	25002.8	9.6	4751	9.5
2012	26889.7	7.5	5176	8.9
2013	28734.6	6.9	5462	5.5
2014	30568.9	6.4	5816	6.5

يوضح الجدول التوقعات التي تبغي السودان التوصل إليها وهي أمال تستطيع ليس فقط تحقيقها بل أيضا التفوق عنها إذا ما دخلت في الربط الكهربي مع جيرانها. من القراءات هذه أيضا نري أن الطاقة المطلوبة خلال 12 عاماً مطلوبا لها نموا بمعدل (30568.9 / 13733.4) أي ما يعادل 2.226 ضعف أي أن الزيادة المنوية هي 222.6 %. هذا النمو مطلوبا له قدرة كهربية تتضاعف بمقدار (5816 / 2283) أي ما يعادل 2.55 ضعف أي أن الزيادة المنوية هي 255 % وهو رقم كبير نوع ما إلا أن الدولة تنشده ويجب أن تصل إليه من أجل رفاهية الشعب وتقدم الأمة. يمكن تحقيق هذا الرقم من قدرات المحطات بالاستعانة بالدول الجيران كي تقوم بالنقل لها من خلال الربط الكهربي العربي.

8 - 2: التعريفة الكهربية Electric Tariff

إن إقامة البنيان التعريفي يستلزم بعض الأسس الهامة والتي نستعرضها في السطور الآتية في مسلسل من النقاط للتركيز علي الهدف الجوهري لمبادئ التسعير الكهربي.

أولا: برامج الإستثمار

إنها تمثل دراسة فنية اقتصادية للبرامج الخاصة بالاستثمارات واختيار المعدات اللازمة للقطاعات فى الأمد الطويل على أن يؤخذ فى الاعتبار ما يلي:

1- المعدات العاملة فى قطاع الكهرباء واحتمالات تجديدها أو ضروريات استبعادها مستقبلا.

2- التطورات المنتظرة لاستهلاك مختلف فئات المشتركين مستقبلا، مع التركيز على منحنيات الأحمال لكل فئة منها، على أن يشمل ذلك كلا من القدرة المطلوبة وحجم الطاقة المنتظر استهلاكها ووقت الاستهلاك ومكانها.

3- دراسة مالية كاملة لتحديد سعر الفائدة على رأس المال المستثمر، وطريقة التمويل، وقواعد الإهلاك، بهدف التوازن المالى لقطاع الكهرباء وتحقيق نسبة التمويل الذاتى.

ثانيا: وسائل الإستفادة

هذه النقطة تعني دراسة فنية اقتصادية لسياسة الاستغلال الخاصة بمعدات الانتاج والنقل والتوزيع الموجودة فعلا، مع بيان الأعباء الثابتة والمتغيرة لكل مرحلة من مراحل التشغيل على إمتداد الفترة التى تعمل عنها الدراسة.

ثالثا: الضغط الخارجي

هنا نحتاج إلى ضرورة التعرف على الضغوط "الخارجية" وهى عادة ضغوط ذات طابع مالى واقتصادى واجتماعى. كما أنها تمثل أساسا لتوجيهات السلطة العامة فى الدولة. فإقامة البنيان التعريفى يتحدد فى شكله النهائى تبعا للسياسة التى تحدد معالمها الدولة، عندما تقرر معاملة تفضيلية لبعض فئات مستخدمى الطاقة بهدف تشجيع تطورها الاقتصادى وتحسين مستوى معيشتها، وتحديد هذه الأهداف بالنسبة للبنيان التعريفى أمر على جانب كبير من الأهمية للصلة الوثيقة مع التوازن المالى لقطاع الكهرباء فى الأمد الطويل.

رابعا: التكاليف المالية Cost

إن تحديد التكاليف المنتظرة لإنتاج ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية من أهم الأسس اللازمة لتحديد البيان التعريفي وهي تمثل أعباءا تنقسم الى:

1- الأعباء الثابتة Fixed Cost

هى تمثل الأعباء التى تتوقف على الاستثمارات الرأسمالية من محطات توليد شبكات ومعدات أخرى لازمة للتشغيل، وهذه الأعباء لا تتوقف على كمية الطاقة الكهربائية المنتجة فعلا وإنما تقوم أساسا على القدرات المركبة فى محطات التوليد وعلى شبكات النقل والتوزيع، وتتكون هذه الأعباء من العناصر الآتية:

1-أقساط الإهلاك

2-الفائدة على رأس المال المستثمر

3-المصاريف الثابتة المتصلة بالتشغيل والصيانة

تنطوي هذه النوعية من التكاليف في عدد من المصروفات المستمرة سواء اليومية أو الشهرية أو حتي تلك السنوية، فهى تشمل مصاريف العاملين اللازمة للتشغيل والصيانة، والمصاريف العمومية الإدارية الأخري، والضرائب والرسوم ... إلخ) ويتم تحميل كل مرحلة من مراحل الإنتاج والنقل والتوزيع بنصيبها من جملة الأعباء الإدارية.

يتم تحديد أقساط الإهلاك على أساس الأعمار الإنتاجية الافتراضية وهى تستند أساسا الى معدلات تم حسابها على أسس فنية وهى معدلات تكاد تكون واحدة فى كل الدول.

أما عن الفائدة على رأس المال المستثمر، فإن تحديد معدلها فى الحسابات الاقتصادية يأخذ فى الاعتبار الأعباء الفعلية التى يتحملها القطاع للحصول على الأموال اللازمة لتمويل استثماراته فى السوق العالمى للنقد، والملاحظ على ذلك أن السعر4 - 5% كان يعتبر سعر فائدة مناسبا قبل الحرب العالمية الثانية، أما الآن فإن ذلك السعر قد ارتفع نتيجة للزيادة الكبيرة فى الطلب على الأموال اللازمة لمواجهة الاستثمارات المتزايدة ولا يقابلها تدفق مماثل فى الادخار.

أما الأشياء الثابتة الأخرى من أجور وتشغيل وصيانة فتتوقف على ظروف التشغيل مستويات الأداء وهى تختلف من بلد الى آخر، وهى تزيد فى البلاد النامية عنها فى البلاد المتقدمة.

2- الأعباء المتغيرة Running Cost

هذه الأعباء تتوقف بصفة خاصة على الطاقة المنتجة وهى تتغير تبعا لطبيعة الاستهلاك التى تتميز فى كل لحظة بالقدرة المطلوبة وموقعها وحجم الطاقة المستهلكة وتبعا لوسائل الإنتاج والنقل والتوزيع المعدة لإشباع الطلب وهى:

أ) مصاريف الوقود ويعتبر العنصر الأساسى فى الأعباء المتغيرة، كما يتم حسابه على امتداد السنوات التى تعمل عنها الدراسة تبعا

لمحطات التوليد ونوع الوقود وسياسة التشغيل وظروفه، وذلك العنصر يختلف من بلد الى آخر تبعا لظروف كل منها.

الفاقد من الطاقة فى الشبكة من مراحل إنتاجها ونقلها وتوزيعها، وذلك الفاقد يمثل الفرق بين الطاقة المولدة وجملة الطاقة الموزعة على مختلف فئات مستخدميها، على أن تتحمل كل مرحلة من مراحل الإنتاج والنقل والتوزيع بنسبة الفاقد فيها.

ب) مصاريف الاستغلال (صيانة ، إدارة ، ... الخ) النسبية مع الطاقة المنتجة والموزعة.

تعتبر التعريفة الكهربية معيارا لتوافق العمل الهندسي والإقتصادي حيث يأتي العمل الهندسي بالإنشاء والتركيب والتشغيل والتحسين والتطوير وضمان إستمرارية التغذية الكهربية لكافة المشتركين بينما يقع الواقع الإقتصادي في دورة رأس المال. من الناحية الأخري يشترك الطرفان في تقدير التعريفة الكهربية والمعروفة بتكلفة هذا العمل الإقتصادي ونمط رد المصرف المالي من المستفيدين من هذا العمل. ذلك أن تكلفة إنتاج الطاقة الكهربية ككل هي المحور، ولا يتوقف أنتاج الطاقة الكهربية علي تكلفة الإنتاج الفعلي بل يضاف إليه تكلفة العمل الهندسي والمشتمل علي النقل والتوزيع بجانب الإنتاج. إضافة إلي ذلك يكون هناك ثمنا لأجور العاملين علي تشغيل وصيانة الشبكة الكهربية بل وقطع الغيار اللازمة وخلافه. من هذا المنطلق نجد أن التسعير الفعلي للطاقة الكهربية شاملا كافة الجوانب وهو ما تقدمة الشركات العاملة في قطاع الكهرباء بمسمي التعريفة الكهربية (الجدول رقم 8 – 12).

الجدول رقم 8 – 12: التعرفة الكهربائية (الجملة) المعمول بها في المملكة الأردنية عن طريق شركة الكهرباء في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتي نهاية عام 2005(فلس/ك.و.س)

من	1/5/1996	16/6/2002	1/1/2004	3/4/2004	1/6/2004	9/7/2005
إلي	15/6/2002	31/12/2003	2/4/2004	31/5/2004	8/7/2005	نهاية 2005
حمل اقصي (دينار/ك. و./ ش.)	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
التزويد النهاري	29.0	31.4	31.25	31.74	31.74	34.30
نسبة الزيادة زمنيا	1	1.083	1.078	1.095	1.095	1.18
التزويد الليلي	19.0	21.4	21.2	21.69	21.69	24.25
نسبة الزيادة زمنيا	1	1.126	1.116	1.142	1.142	1.276
النسبة (نهاري / ليلي)	1.526	1.467	1.474	1.463	1.463	1.414

تقوم التعريفة الكهربية علي مبدأ التشجيع علي إستخدام الطاقة الكهربية إذا ما كانت هذه الطاقة متوفرة وتزيد عن الحد الأقصي المستهلك (الأحمال) بينما علي العكس تقوم علي التحفيز لخفض الإستهلاك إذا ما كانت القدرة المنتجة أقل من المستهلك. لذلك تطورت الأسعار الخاصة بالطاقة الكهربية ودخلت في مراحل متعددة قد تصل إلي حد التباين داخل الدولة الواحدة تبعا للقوة الإقتصادية الخاصة بها، اي أن التطور والإنشاء مستمر أم توقف للصعوبة الإقتصادية. ثم جاءت النظم السعرية التي توجه الطاقة الكهربية في إتجاه الإستثمار المطلق أو ذلك الموجه (المدعم)، مما يجعلنا وضع بعض المغايير الفعلية في بعض البلدان العربية للتعريفة الكهربية خصوصا وأنها متنوعة إلي حد بعيد. علي سبيل المثال نجد التعريفة الأردنية مع تعدد الشركات العاملة في قطاع الكهرباء لتكون علي أساس متباين غير ثابت زمنيا. هذا التباين ليس فقط علي مدار اليوم بل أيضا علي مدار السنولت والتاريخ المتتالي بشكل عام.

أولا: التعريفة تبعا لإختلاف شركات الكهرباء

نأخذ الآن المملكة الأردنية الهاشمية مثالا للشرح والتفصيل من جهة التعريفة الكهربية وبنفس الأسلوب السابق لمثال جمهورية السودان. هنا نري أن التعريفة الخاصة بالحمل الأقصي ثابتة دون تغير بالقيمة 2.4 (دينار/كيلو واط /شهر) في الفترة من 1 / 5 / 1996 حتي 9 / 7 / 2005 إلي نهاية عام 2005، بينما تتزايد بصفة مستمرة التعريفة الخاصة بكلا الفترتين النهارية والليلية حيث وصلت إلي 1.18 في 2005 نهارا و 1.276 ليلا نسبة إلي تلك في 1996. جدير بالذكر أن التسعير للزيادة الكهربية نهارا تزيد عن تلك للفترة الليلية تتأرجح بين 1.526 في عام 1996 و 1.414 في عام 2005.

من الناحية الأخري نجد أن شركة توزيع الكهرباء بالأردن تعمل بنفس التسعيرة ماعدا الفترة الأخيرة من 9 / 7 2005 حيث كانت التعريفة هي 33.56 بدلا من 34.30 للفترة النهارية و 23.51 بدلا من 24.25 للفترة الليلية أي أقل في الفترتين. علي نفس المنوال بالنسبة إلي تعريفة شركة كهرباء محافظة اربد لتتساوي في جميع الأوقات ماعدا ذات الفترة والتي أصبحت فيها التعريفة بالقيمة

31.66 نهارا و 21.61 ليلا أي أقل عن الشركتين السابقتين.
كما نود الإشارة إلي أن معدل تكلفة إنتاج الطاقة الكهربية بالسودان في مجمله هو 8.9 سنت أمريكي / ك. و. س. (سعر الصرف بالسودان محسوب على الدولار= 253.51 دينار سوداني (جنيه حاليا)).

ثانيا: التعريفة تبعا لإختلاف المشتركين

يتنوع المشتركين ما بين المشترك الصغير والمتمثل في مستهلك المنزل إلي المشترك التجاري مثل المحال والورش والتجمعات التجارية إلي كبار المشتركين مثل الشركات ثم الصناعيين وخاصة علي الجهد العالي، ونتناول أبرز هذه التعريفات من خلال المثال المقدم عن الأردن.

1- المشتركين الكبار

الجدول رقم 8 – 13: التعرفة الكهربائية للمشتركين الكبار (فلس/ك.و.س) المعمول بها في المملكة الأردنية في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتي نهاية عام 2005

من	1/5/1996	16/6/2002	1/1/2004	3/4/2004	1/6/2004	9/7/2005
إلي	15/6/2002	31/12/2003	2/4/2004	31/5/2004	8/7/2005	نهاية 2005
حمل اقصي (دينار/ك. و./ ش.)	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
تزويد نهاري	47	48	48	48	48	48
التزويد الليلي	32.0	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5

يعطي الجدول رقم 8 – 13 التعريفة الكهربية Electric Tariff لكبار المشتركين في الأردن حيث يظهر ثباتا تاما منذ 2002 وحتي نهاية 2005 م مما يشير إلي كبار المشتركين لا يمثلون عبءا علي الأحمال الكهربة مع التطور الزمني غير أن التعريفة النهارية اكبر من مثيلتها للتزويد الليلي بنسبة 1.403 أي الزيادة تقرب من 40 % مشيرا إلي أن الحمل النهاري أكثر إرهاقا للشبكة الكهربية الأردنية. يؤكد ذلك أنه كان مرتبا أيضا من القراءة السابقة مع الشركات المختلفة العاملة في قطاع الكهرباء.
إن الثبات في التعريفة الكهربية في البلاد بالنسبة لكبار المشتركين يعني إستقرارا من جهة الإستثمار، بل ومشجعا لمزيد من الإستثمار وتحفيزا له لما يعود علي البلاد من نمو متزايد وإتاحة فرص العمالة وتنشيط الأسواق.

2- المشتركين المتوسطين

أما عن المشتركين المتوسطين فمنهم من يعمل بقطاع الصناعة أو التجارة أو الزراعة أو غير ذلك من الأحمال التي هي بقدر لا يكون ضخما كما في حالة كبار المشتركين ولا يكون صغيرا كما في حالة الإستهلاك المنزلي. فنجد أن التعريفة قد تتساوي أو تتباين حسب الأحوال، وفي مثالنا الحالي نجد أن المشتركين الصناعيين المتوسطين لهم تعريفة خاصة بهم كما جاءت في الجدول رقم 8 – 14 بالأردن أيضا.

الجدول رقم 8 – 14: التعرفة الكهربائية للمشتركين الصناعيين المتوسطين المعمول بها في المملكة الأردنية في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتي نهاية عام 2005 (فلس/ك.و.س).

من	1/5/1996	16/6/2002	1/1/2004	3/4/2004	1/6/2004	9/7/2005
إلي	15/6/2002	31/12/2003	2/4/2004	31/5/2004	8/7/2005	نهاية 2005
حمل اقصي (دينار/ك.و./ ش.)	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05
التزويد النهاري	33	35	35	36	36	38
التزويد الليلي	21	25	25	27	27	28

أما بالنسبة لقطاع الزراعة يأتي الجدول رقم 8 – 15 بالتعريفة الكهربية حيث ظهر تسعيرا مضافا طبقا لقيمة الحمل الأقصي في عام 2005 بينما كان متطورا ومتزايدا علي الإستهلاك في الطاقة فقط علي خلاف الأحمال الصناعية التي تواجد في تسعيرها كبند ذلك الحمل الأقصي منذ البداية (وبقيمة ثابتة زمنيا دون تغير) كما هو مجدول في الجدول رقم 8 – 14 والذي يشير أيضا أن الزيادة في

السعر تأتي علي استهلاك الطاقة فقط بالرغم من التفاوت بين التزويد الليلي والنهاري.

الجدول رقم 8 – 15: التعرفة الكهربائية للمشتركين الزراعيين المعمول بها في المملكة الأردنية في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتى نهاية عام 2005(فلس/ك.و.س).

من	1/5/1996	16/6/2002	1/1/2004	3/4/2004	1/6/2004	9/7/2005
إلي	15/6/2002	31/12/2003	2/4/2004	31/5/2004	8/7/2005	نهاية 2005
طاقة الزراعة	23	26	26	28	28	31
الحمل الاقصى (دينار/ك.و/شهر)	-	-	-	-	-	3.05
التزويد النهاري	-	-	-	-	-	30
التزويد الليلي	-	-	-	-	-	20

من الناحية الأخري تخصص التعريفة نسبة محددة لكل نوعية من الأحمال كما ورد في الجداول السابقة إضافة إلي الجداول الأخري لأحمال الزراعة كما في الجدول رقم 8 -15 والتي يظهر فيها أنه تم مجددا إدخال قيمة الحمل الأقصي في الحسبان. كذلك أحمال الفنادق كقطاع خاص له من المزايا لتنشيط الأسواق المحلية قد جاء علي نفس النمط السابق كما هو مجدولا في الجدول رقم 8 – 16 حيث إضافة تسعير عن الحمل الأقصي الشهري بدءا من 1 / 6 / 2004 وهو ما يفيد بمحاولة تغطية وتعديل التشوه الموجود في منحنيات الأحمال، وهو ما يمكن علاجه ببساطة عن طريق الربط الكهربي مع الدول الجيران.

الجدول رقم 8 – 16: التعرفة الكهربائية المشتركين (الفنادق) المعمول بها في المملكة الأردنية في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتى نهاية عام 2005(فلس/ك.و.س).

من	1/5/1996	16/6/2002	1/1/2004	3/4/2004	1/6/2004	9/7/2005
إلي	15/6/2002	31/12/2003	2/4/2004	31/5/2004	8/7/2005	نهاية 2005
الطاقة	60	60	60	59	*59	*60
الحمل الاقصي (دينار/ك.و/شهر)	-	-	-	-	3.05	3.05
التزويد النهاري	-	-	-	-	55	56
التزويد الليلي	-	-	-	-	44	45

يقدم الجدول رقم 8 – 17 بقية أنواع المشتركين في إستهلاك الطاقة الكهربية في مستوي المستهلك المتوسط مثل إنارة الشوارع والقوات المسلحة ومواقع ضخ المياه ومؤسسة الموانى حيث جاءت التعريفة مجردة لأستهلاك الطاقة مباشرة دون التعديل بها.

الجدول رقم 8 – 17: التعرفة الكهربائية لبعض أنواع المشتركين المعمول بها في المملكة الأردنية في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتي نهاية عام 2005(فلس/ك.و.س).

من	1/5/1996	16/6/2002	1/1/2004	3/4/2004	1/6/2004	9/7/2005
إلي	15/6/2002	31/12/2003	2/4/2004	31/5/2004	8/7/2005	نهاية 2005
انارة شوارع **	20	25	25	27	27	30
قوات مسلحة أردنية	-	-	67	67	67	67
ضخ المياه	34	38	38	38	38	40
مؤسسة الموانئ	-	-	-	44.6	44.6	46.6

3- المشتركين الاعتياديين

بالنسبة للتعريفة التي تخص الإستهلاك القليل فقد جاء الجدول رقم 8 – 18 حيث أنها تتحد للتجاريين والصناعات الصغيرة علاوة علي الإذاعة والتلفزيون كمستهلك للطاقة، وهو ما يتأسس بناء علي الإستهلاك المباشر للطاقة.

الجدول رقم 8 – 18: التعرفة الكهربائية للمشتركين الاعتياديين المعمول بها شهرياً في المملكة الأردنية في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتى نهاية عام 2005(فلس/ك.و.س).

ك.و.س	من / إلى	1/5/1996 – 15/6/2002	16/6/2002 – 31/12/2003	1/1/2004 – 2/4/2004	3/4/2004 – 31/5/2004	1/6/2004 – 8/7/2005	9/7/2005 – نهاية 2005
الأذاعة والتلفزيون		60	60	60	60	60	61
المشتركين التجاريين		60	62	62	62	62	63
الصناعيين الصغار		36	38	38	39	39	41

يمكننا أن نلاحظ أن الإستهلاك المنزلي قد تم وضعة في شرائح من أجل الحد من الإستهلاك أي التعريفة تصاعدية كما هو محدد في الجدول رقم 8 – 19 حيث أنها مقسمة إلي ثلاث شرائح تصاعدية السعر.

جدير بالذكر بأن نوضح أنه يتم تحديد قيمة دنيا للإستهلاك حتي وإن لم تستهلك كما هو وارد في الجدول رقم 8- 20 حيث هذا المبدأ يسري علي جميع أنواع المستهلكين، كما تتيح التعريفة الأردنية الفرصة للفنادق ذات التصنيف العالي (خمس واربع نجوم) للأختيار بين التعريفة الثلاثية أو الاستمرار باستخدام التعرفة المستوية.

الجدول رقم 8 – 19: التعرفة الكهربائية للمنازل المعمول بها شهرياً في المملكة الأردنية في الفترة من 1 / 5 / 1996 وحتى نهاية عام 2005 (فلس/ك.و.س).

ك.و.س	من / إلى	1/5/1996 – 15/6/2002	16/6/2002 – 31/12/2003	1/1/2004 – 2/4/2004	3/4/2004 – 31/5/2004	1/6/2004 – 8/7/2005	9/7/2005 – نهاية 2005
160-1		30	31	31	31	31	31
300-161		52	55	55	57	57	59
500 -301		60	64	64	65	65	67

بمقارنة هذا النظام السعري مع ما هو متبع في الجزائر نجد أن أسعار بيع الكهرباء بالجزائر تتشابه إلي حد كبير مع تلك بالأردن (جدول رقم 8 – 21) حيث وردت التعريفات المختلفة إعتبارا من 1 / 7 / 2003 بدون الرسوم المضافة عليها، وهذا بدوره يوضح أن الأحمال الكهربية وشكلها ومعاملاتها الفنية ذات تأثير مباشر علي تحديد التعريفة الكهربية بصورة شاملة. هذا يزيد من أهمية التعريف البياني بالأسعار وتطورها الزمني وعي المدي الطويل ومنهجية مواكبة معدلات التضخم من جهة وتطوير الخدمات من جهة أخري. هذا يظهر جليا مع التقدم التقني الرائع والهائل في تكنولوجيا المعلومات في الفترة الأخيرة وهو يمثل الطفرة الحديثة من التقنيات والتوجه نحو التحول والإنتقال إلي آلية الأداء والعمل عموما.

الجدول رقم 8- 20: أدنى مقطوعية للاستهلاك الشهري بالأردن (دينار)

مستهلكين	من / إلى	1/5/1996 – 15/6/2002	16/6/2002 – 31/12/2003	1/1/2004 – 2/4/2004	3/4/2004 – 31/5/2004	1/6/2004 – 8/7/2005	9/7/2005 – نهاية 2005
عاديون		1	1	1	1	1	1
الباقي		1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

يظهر من الجدول أن بيع الكهرباء يحدد للمستهلك القدرة المتاحة أمامه والتي يحجزها له سواء قام علي إستغلالها أم لا، ولا يتوقف الأمر عند هذا الحد بل يمتد إلي فرض قسط شهري إستهلاكي علي المشترك. كما نري أن هناك عددا كبيرا من التعريفات المختلفة التي تتبع في الجزائر حيث سجل الجدول هذا التعريفات الرقيمة من رقم 31 وحتي التعريفة رقم 54 وهو ما يعني التباين الشديد بين المشتركين في إستهلاك الطاقة الكهربية.

الجدول رقم 8 – 21: سلم تعريفات الكهرباء بالجزائر (بدون الرسوم)

رقم	إتاوة ثابتة دينار / شهر	سعر القدرة الموضوعة تحت التصرف (دينار جزائري / ك. و. س./شهر)				الطاقة الفعلية (سنتيم دينار جزائري/ ك. و. س.)				طاقة الإرتكاز س.دينار/ ك.فار.س
		متاحة	ممتصة	ذروة	كاملة	الليل	غير ذروة	نهار	مركز أوحد	
31	335172,5	25,15	125,64	438,3	90,6	39,1	-	-	-	20,56
32	335172,5	66,94	335,15	-	-	-	-	-	90,8	20,56
41	25577,6	17,10	76,82	576,7	128,1	67,7	-	-	-	30,11
42	341,0	25,60	119,43	576,7	-	-	119,5	-	-	30,11
43	341,0	25,60	102,22	-	-	67,7	-	283,3	-	30,11
44	341,0	25,60	119,43	-	-	-	-	-	248,4	30,11
51	252,81	26,35	-	632,3	168,6	93,9	-	-	-	-
52	58,60	26,35	-	632,3	-	-	138,8	-	-	-
53	58,60	13,07	-	-	-	93,9	-	379,4	-	-
54	-	3,86	-	-	-	-	-	-	160,1	-
	-	3,86	-	-	-	-	-	-	368,8	-

8-3: التسعير علي الحمل Pricing With Load Type

الأحمال الكهربية تلعب دورا جوهريا في موضوع التسعير من أجل الحصول علي دورة رأس المال بالتوقيت المحدد تبعا للتصميم ودراسات الجدوي المختلفة بكافة أطرافها، وبذلك يكون لزاما أن نتعامل مع منحنيات الأحمال كمعيار جوهري مع بقية المعاملات الأساسية في تقدير تكلفة الطاقة الكهربية ككل وبالتالي التوصل إلي سعر بيع وحدة الطاقة الكهربية. تتولد الأهمية في فهم طبيعة وشكل منحنيات الأحمال من الفصول السابقة والوارد بها الشرح التفصيلي لها ولمعاملاتها الأساسية بجانب تلك المعاملات النوعية والتي تختص بمفردات فنية أو إحصائية معينة. فمثلا في السودان تظهر طبيعة الإستهلاك الكهربي تبعا للإحصائيات الرسمية الصادرة عنها في عام 2005 كما وردت في الجدول رقم 8- 22 حيث تم حساب نسبة المكونات الحملية نسبة إلي الإستهلاك العام بالدولة بالنسبة المئوية والذي يؤكد علي طبيعة البلاد. من الواضح أن الإستهلاك المنزلي هو المتفاقم والذي يمثل 52 % من إجمالي الإستهلاك. ما دام الدخول إلي أساس التسعير يكون هاما أن نضع ضرورة قصوي لتوزيع التسعير علي كافة المناطق الحملية، ولا يجب أن ننسي أهمية معامل القدرة وتحسينه وإعتباره عاملا أساسيا في أداء الشبكة الكهربية. إن ذلك يعني أنه لا بد من أن يكون هناك سلاح الغرامة ضد المستهلك الذي يعمل بمعامل قدرة منخفض جدا بينما يجازي الآخر بحافز مادي إذا ما رفع معامل القدرة العامل عليه. جدير بالذكر أن قيمة الغرامة وتلك الأخري الحافز المضاف لصالح المشترك تحتسب بالطريقة الفنية المعتادة وبالأسس المطلوبة في هذه الحالات. رؤية هذه الأحمال تحتاج الآن إلي التفسير الموجز كما نسطره في البنود الآتية:

الجدول رقم 8- 22: استهلاك الطاقة الكهربائية حسب القطاعات (بقيمة جيجا و س بجانب التوزيع المئوي) بالسودان عام 2005 م

البيان	سكني	صناعي	موحدة	زراعي	حكومي	المجموع
الطاقة	1520.95	490.69	432.66	129.37	413.89	2987.56
النسبة %	0.52	0.16	0.14	0.042	0.138	100

أولا: التسعير مع مكان الحمل Pricing with Location of Load

في بعض الحالات يتم نقل الطاقة إلي مسافات بعيدة خصيصا لتلبية إحتياجات المشترك، ومن ثم يكون عليه تغطية التكلفة الإنشائية لوسائل النقل الكهربي لأنه في حقيقة الأمر يختلف عن المشترك المماثل له ولكنه بجوار مواقع التوليد. هذا يقودنا إلي أنه يجب إضافة التكلفة علي التسعير العادي المعمول به ولكن هذا قد يوجب فيما بعد أن يشترك آخر معه في إستخدام نفس الوسائل والتي قام بتغطيتها سعرا المشترك الأول، لهذا يجب إعفاء المشترك الأول من التكلفة الكاملة وإعادة الجزء المئوي من التكلفة التي يستهلكها المشترك الجديد. هذا يعني أنه يعفي من المبالغ المطلوبة لتغطية الإستهلاك لفترة محددة يغطي بها حقوقه في المبالغ المفروض إستردادها.

من الجهة الأخري من الممكن أن يكون الموقع داخل جزيرة أو علي تلال أو في مناطق وعرة ويزيد فيها العمل أو المواد المستخدمة لتوصيل الطاقة الكهربية إلي المشترك، إلي غير ذلك من الأمثلة. جدير بالذكر أن المشترك في هذه الحالات غالبا ما يحاسب علي التعريفة الخاصة بالجهد العالي لأنه وبدون شك عالي الإستهلاك مما يتطلب الحصول علي الطاقة علي الجهد العالي مثل المواقع الصناعية الضخمة كالحديد والصلب ومصانع الألومونيوم أو الأسمدة.

ثانيا: التسعير مع توقيت الحمل Pricing with Time of Load

بناء علي المبدأ الأول لوضع منحنيات الأحمال في موضوع التسعير الكهربي يكون لهذا المنحني تأثيرا عاما وواضحا حيث نجد أن المنحني يحمل شكلين مختلفين بين طرفي اليوم الواحد. يبين أن المنحني في الفترة النهارية يختلف عن تلك الليلية في أغلب القراءات التي جاءت في هذا الكتيب، ولهذا يجب أن توضع التسعيرة النهارية مختلفة عن تلك الليلية. يزيد من ذلك أهمية أن الأحمال عادة ترتفع بشدة في الفترة الليلية مما يوجه هدف المتخصصين إلي تحفيز الإستخدام النهاري بدلا من الليل، وبالتالي يكون علي المشترك دراسة كيفية نقل الأحمال الليلية إلي نهارية كلما أمكن ذلك. نستطيع مشاهدة مثل هذه الحالات كما جاء في الجداول السابقة من الجدول رقم 8 - 12 وحتي الجدول رقم 8 – 16.

من الجهة الأخري تظهر الخطورة في فترات الذروة وبالتالي يلزم وقيمة ومدة إستمرار الذروة في الحسبان. قد يكون ذلك يسيرا مع المشتركين الكبار وخصوصا علي الجهد العالي بينما يكون تنفيذه صعبا من مستهلكي المنازل. من ثم يكون هاما دراسة كيفية تحفيز المشترك المنزلي كي يقلل من إستخدام الطاقة الكهربية أثناء فترة الذروة.

ثالثا: التسعير مع شكل الحمل Pricing with the Load Shape

شكل الحمل أي شكل منحنيات الأحمال يفيد إلي حد كبير عن نوعية الحمل وبهذا يكون التسعير بناء علي شكل الحمل هو ذاته التسعير بناء علي نوعية الحمل ونري ذلك واضحا في جميع الدول، ونأخذ أسعار دولة الكويت مثالا لذلك كما جاءت في الجدول رقم 8 - 23.

الجدول رقم 8 – 23: أسعار الكهرباء دولة الكويت 2005 (فلس للكيلو/وات)

البند	مرافق الدولة	شركات صناعية مدعومة	شركات صناعية غير مدعومة	للشاليهات
سعر	2	1	12	10

يفيد الجدول هذا إلي أن التسعير للمستهلك الحكومي ضئيل للغاية بينما ينقسم السعر علي طرفي النقيض للشركات المدعومة عن تلك غير المدعومة. إن هذا المثل عن دولة الكويت ولكن بالنسبة لبقية الدول فقد تشترك في نفس المنهجية أو قد تختلف وتضع إستيراتيجية أخري لها، ولكننا نتعرض هنا لمحاور التعامل التسعيري خصوصا عندما نصل إلي التسعير مع الربط الكهربي مع تواجد هذا التباين في التسعير الداخلي.

كما نجد أن الكويت تعمل علي التسوية المحاسبة عن الإستهلاك بطريقة حساب الاستهلاك لعداد الكهرباء بناء علي المعادلة:

الإستهلاك = (القراءة الحالية – القراءة السابقة ± وحدات التسوية × 0.002

(1 - 8)

حيث تكون وحدات التسوية سالبة أو موجبة نتيجة عطل أو مشكلة في العداد، إضافة إلي أن سعر الكهرباء ثابت (2 فلس) كما تختلف خانات القراءة باختلاف حجم العداد أو نظامه (1، 2، 3 طور).

رابعا: التسعير مع موسم الحمل Pricing with Seasons

أحيانا تتم المحاسبة السعرية على أساس التوقيت الموسمي أو المناسبة فمثلا تكون هناك تسعيرة خاصة للمناسبات المختلفة عند الحاجة إلي طاقة كهربية لا يتحملها العداد المنزلي علي سبيل المثال، كما أنه من الممكن أن الموسم مناسبة دينية أو قومية علاوة علي أن هذه الموسمية قد تظهر في الإستهلاك الكهربي في المصيف علي البحار وهكذا. هناك أيضا مثالا للجمهورية الجزائرية والفترات التعريفية بها حيث تكون هناك حسب التسعيرة ستة فترات تعريفية (ساعات الذروة، الساعات الكاملة، الساعات الليلية، خارج ساعات الذروة، اليوم، والمركز الأوحد) لمختلف المراكز الزمنية المحددة وبذلك نجد أن الاختلاف في أسعار الطاقة حسب الفترات التعريفية مما يؤدي إلى أربعة أصناف من التسعيرات.

خامسا: خصائص النظام التعريفى

إن التعريفات المعمول بها فى الوقت الحاضر (في مصر) هى نفس التعريفات التى كان معمولا بها مع تعديلات بسيطة، على نحو سيأتى بيانه، فى مختلف الجهات التى كانت مسئولة عن إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية فى المنطقة والتى كانت تباشر فيها نشاطها. هذه الجهات كانت حتى عام 1964، تاريخ قيام وزارة القوى الكهربائية التى جمعت شملها فى صعيد واحد: إدارة الكهرباء والغاز لمدينة القاهرة، ومؤسسة الكهرباء والغاز بمدينة الإسكندرية، ومصلحة الميكانيكا والكهرباء، ومجالس المدن والقرى التى كانت لديها وحدات لتوليد الطاقة الكهربائية. كان الطابع المميز لهذه الجهات هو استقلالها عن بعضها البعض فى كافة المجالات الفنية والإدارية والمالية ولكل منها نظامها الخاص بأسعار ومحاسبة مستخدمى الطاقة بها.

هناك التعريفات الخاصة بإدارة الكهرباء والغاز لمدينة القاهرة تطبق على جميع مستخدمى الطاقة بمدينة القاهرة والجيزة كتمييز مكاني في التسعير. أما التعريفة الخاصة بمؤسسة الكهرباء لمدينة الإسكندرية، وتطبق حاليا على مستخدمى الطاقة بها، والتعريفة الخاصة بمصلحة الميكانيكا والكهرباء وكانت تطبق حتى 1970/6/30، تاريخ صدور القرار الجمهورى رقم 2094 الذى نص على محاسبة مستخدمى الطاقة الكهربائية خارج مدينتى القاهرة والإسكندرية بالأسعار التى يحاسب بها مستخدمى الطاقة فى منطقة القاهرة كما يتم بيانه فيما بعد. وأخيرا تعريفات خاصة ببعض الشركات الصناعية.

1- تعريفات مدينة القاهرة

تنقسم هذه التعريفات تبعا للاستخدام إلى أسعار خاصة بالإنارة والاستعمالات المنزلية وأسعار خاصة بالقوى المحركة للصناعات الكبيرة والمرافق العامة وأسعار خاصة بالمصالح الحكومية وأسعار خاصة ببعض الجهات ذات الطبقة الاجتماعية والإنارة العامة للطرق، نتناول هذه الأحمال في البنود الآتية.

أ) الإنارة والاستعمالات المنزلية

يوضح الجدول رقم 8 - 24 أسعار بيع الطاقة للإنارة والاستعمالات المنزلية بالقاهرة والجيزة (القاهرة الكبري)، وفيه تظهر أسعار بيع الطاقة الكهربية المنزلية وهي التي تقل عن تلك للإنارة العامة من ناحية إجمالي السعر وتزيد بالنسبة لحصة المؤسسة من المشترك. علي الجانب الآخر تظهر التطورات السعرية في الجدول رقم 8 - 25، حيث يبين الزيادة المضطردة في سعر بيع الطاقة الكهربية في مصر منذ عام 1981 وحتي 1994 تبعا للنشرات الرسمية الصادرة عن وزارة الكهرباء والطاقة بمصر.

الجدول رقم 8 – 24: أسعار بيع الطاقة للإنارة والاستعمالات المنزلية بالقاهرة والجيزة أي القاهرة الكبري بوحدة سعر (مليم/ك.و.س)

الاستخدام	اجمالى السعر	حصة المؤسسة	محصل لحساب جهات أخرى		
			اتاوة	تمغة	رسم إذاعة
الإنارة	30	6.16	4.7	4	2
الاستعمالات المنزلية	18	10	4	4	-

ب) النظام الآلى

يعتمد أسلوب تحسين الخدمة للمواطنين مع النمو المتواصل للطاقة فى المجتمع أساسا على إتاحية مصادر الطاقة ومدى كفاءة استخدامها والهدف الأساسى لوزارة الكهرباء والطاقة هو توفير المصدر الآمن للكهرباء بأقل تكلفة لمختلف قطاعات الاقتصاد المصرى مع تحسين الخدمة المقدمة للمواطنين. كما يكون ضروريا إحداث تقدم ملموس فى معاملة المواطنين الارتقاء بمستوى الخدمات المقدمة لهم ومسايرة التطور التكنولوجى فى تقديم الخدمات للمواطنين من خلال الآتي:

1- المراقبة المستمرة و أجراء القياسات الدورية للتأكد من جودة التيار والالتزام بتطبيقها لكافة مستويات الخدمة للمشتركين
2- إجراء مسح شامل لمراجعة وقياس مستوى الجودة الفنية للتيار واستقرار جهد التغذية لجميع أطراف المغذيات حيث المشتركين
3- معالجة الانحراف أو الحيود عن المواصفة القياسية
4- تنفيذ برامج الإحلال والتجديد بالشبكة والاهتمام ببرامج الصيانة لتقليل الأعطال
5- صيانة العدادات
6- التحول التام إلي النظام الآلى لخدمة المشتركين عند طلب تنفيذ المقايسات والتعاقد على العدادات

الجدول رقم 8 - 25 : تطور أسعار الكهرباء للقطاعات الاقتصادية (81 / 82 – 93 / 94) بوحدة (مليم / ك . و . س .)

السنة	صناعة	زراعه	تجارى	منزلي	إسكان	حكومة / مرافق	المتوسط
82/81	7.8	10.3	20	17	9	14.7	11.2
83/82	8.5	10.7	21	17.86	9	16	12.4
84/83	10.8	12.5	24.26	18.7	11.1	19.9	14.5
85/84	13.6	13.6	24.26	18.7	12.7	21.9	16.9
86/85	19.1	19	36	23.98	16	31.7	22.6
87/86	21.6	22.5	45.58	24.05	17.7	33.6	24.6
88/87	28	27.5	60.15	25.48	2.6	47.4	31.1
89/88	31.1	29.3	75.62	26.43	22.7	62.4	33.7
90/89	42.2	46	71.78	28.44	29.2	27.2	43.9
91/90	63.98	73.2	84.08	22.66	41.53	123.33	60.99
92/91	94.64	110.9	89.4	46.4	60.79	172	86.6
93/92	123.7	114.6	155.5	62.3	86.57	181.9	114.53
94/93	123.7	114.6	288.9	83.9	107	225.54	124.5
معدل نمو سنوى%	26.6	22.2	24.9	14.2	22.9	25.6	22.2

7- تطوير الشبكات و بصفة خاصة فى المناطق العشوائية
8- تطوير أداء العاملين بالمراقبات بما يؤدى إلى راحة المواطنين
9- التوسع فى استخدام العدادات الإلكترونية و نظام القراءة فيما بعد
10- تحصيل قيمة فواتير التيار خصما من الحسابات الجارية بالبنوك لكبار المشتركين
11- الرد على استفسارات المواطنين من خلال أجهزة الحاسب الآلى وشبكة المعلومات الدولية
12- توفير المعلومات اللازمة للمواطنين عن الخدمات المقدمة لهم على شبكة الإنترنت
13- تقديم الخدمات الاستشارية للمواطنين فى مجال توصيل التيار الكهربائى وصيانة مهماتهم الكهربائية تركيب وصيانة المكثفات إدارة الطلب على الطاقة وتنظيم أحمالهم الكهربائية
14- حماية المستهلكين وضمان توفير الطاقة الكهربائية لهم بمستوى الجودة والسعر المناسب مع الحفاظ على بيئة نظيفة

15- تقديم أفضل خدمة للمواطنين فى أسرع وقت من خلال كثرة المنافذ الألية مع ربطها والإدارات التجارية والفنية بواسطة الحاسب الآلى.

16- توفير الكوادر المتخصصة والاهتمام برفع مستوى كفاءتها بالتدريب المستمر

17- إنشاء مراكز خدمة فرعية مجهزة بالفنيين والمعدات والتليفون

18- تبسيط إجراءات توصيل التيار الكهربائى وتركيب العدادات وغيرها من الخدمات التى يطلبها المواطنين وذلك من خلال:

أ) نمذجة طلب الحصول على الخدمة من المراقبات والفروع والهندسات

ب) وضع دورة مستنديه ثابتة ومختصرة لأداء الخدمة للمواطنين وميكنتها

ج) التوسع فى استخدام كافة الوسائل الإرشادية عن لوحات ونشرات وخلافه لإرشاد المواطنين عن كيفية الحصول على الخدمة وإجراءاتها والمستندات والرسوم المطلوبة لكل خدمة

د) استطلاع رأى المواطنين فى الخدمة المقدمة لهم والإهتمام بمقترحاتهم

ج) التكلفة على جهود التغذية المختلفة

الجدول رقم 8 - 26: الحلقات التصنيفية للتسعير الكهربي في بعض الحالات

مستوي الجهد	جهد عالي	جهد متوسط	جهد منخفض
عدد الحلقات السعرية	2	4	5

من حيث المبدأ تتأثر التعريفة الكهربية بجهد التغذية فهناك العديد من النظم المتبعة حتي داخل الدول العربية ذاتها حيث نجد منها أن أسعار الكهرباء الحالية المعمول بها في قد تقع في ثلاث حلقات وكل حلقة تجمع الأسعار الحقيقية لمستوى من الجهد المربوط عليه المشترك كما هو مدرج بالجدول رقم 8 - 26. نظرا لأن الجهد العالي يتعامل مع القدرة (الطاقة) المرتفعة والضخمة فتكون التصنيفات فيها قليلة كما هي محددة في الجدول والتي تكون عبارة عن نوعين فقط، بينما من الناحية الأخري نري الجهد المتوسط قد تضاعفت ثم في المنخفض تتضاعف مرة أخري وهو الوضع الطبيعي للتعامل مع المشتركين علي هذه الجهود المتباينة إضافة إلي إضافات القيمة الإستهلاكية أو الشرائح الداخلية وشروط الغرامة والتحفيز.

الجدول رقم 8 – 27: البيان التعريفي لبعض الحالات أحادية وثنائية وثلاثية التعريفة.

<table>
<tr><th>التعريفة</th><th>التوقيت الأول</th><th>التوقيت الثاني</th><th>التوقيت الثالث</th></tr>
<tr><td>أحادي</td><td>نهار / ليل</td><td>24 س / اليوم</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">ثنائية حمليا (الذروة)</td><td colspan="2">ساعات خارج الذروة</td><td>ساعات الذروة</td></tr>
<tr><td colspan="2">من 21 حتى 17</td><td>من 17 حتى 21</td></tr>
<tr><td colspan="2">أي 20 س نهارا</td><td>أي 4 س نهارا</td></tr>
<tr><td colspan="2">أو 7300 س / السنة</td><td>أو 4560 س / السنة</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ثنائية زمنيا</td><td colspan="2">ساعات الليل</td><td>ساعات النهار</td></tr>
<tr><td colspan="2">من 22 حتى 6</td><td>من 6 حتى 22</td></tr>
<tr><td colspan="2">أي 7 ساعات ونصف / النهار</td><td>أي 16 ساعة ونصف / النهار</td></tr>
<tr><td colspan="2">او2738 ساعة / السنة</td><td>أو 6022 س / السنة</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ثلاثية</td><td>الساعات الليلية</td><td>الساعات الكاملة</td><td>ساعات الذروة</td></tr>
<tr><td>من 22 حتى 6</td><td>من 6 - 17 ومن 21 - 22</td><td>من 17 حتى 21</td></tr>
<tr><td>7 س / النهار</td><td>12.5 س / النهار</td><td>4 س / النهار</td></tr>
<tr><td>2738 س/ السنة</td><td>4562 س/ السنة</td><td>1460 س/ السنة</td></tr>
</table>

علي الجانب الأخر نجد أن الجهد مع التوقيت قد يعطي عددا من التعريفات المختلفة كما هو مبين في الجدول رقم 8 – 27. من

القراءات الواردة لبعض التطبيقات الفعلية نري أنه يلزم إتباع التعريفات المشجعة المتباينة للحصول على منحنيات أحمال ذات معاملات فنية جيدة حفاظا علي كفاءة الأداء للشبكة الكهربية ككل مما يقودنا إلي أهمية الربط الكهربي بين الدول العربية والذي يؤكد في كل مرة علي ضرورة الإسراع في هذا الربط.

تغذية مختلف فئات مستخدمي الطاقة الكهربائية تتم على جهود مختلفة ابتداء من الجهد العالى حتى الجهد المنخفض (التوزيع). من المؤكد أن تكلفة التغذية تزيد كلما انخفض جهد التغذية فلإنارة والاستخدامات المنزلية، والإنارة العامة وإشارات المرور، يتم تغذيتها عادة على الجهد المنخفض. من الناحية الأخرى نجد أن المرافق العامة والصناعات الصغيرة والمتوسطة تتم عادة على الجهد المتوسط، فى حين أن الصناعات الكبيرة (الثقيلة) حيث تستخدم الطاقة الكهربائية كمادة أولية، فإن تغذيتها تتم على الجهود العالية والفائقة. ومن هنا يأتى التباين فى أسعار تكلفة الطاقة تبعا لجهد التغذية ونوع الاستخدام، مما دفع بعض الإقتصاديين الى تشبيه توريد الطاقة الكهربائية بالبيع بالجملة فى حالة التوزيع على الجهود العالية والفائقة، وبالبيع بالقطاعى فى حالة التوريد على الجهد المتوسط، وبالبيع بالتوصيل الى المنازل أو المكاتب أو المتاجر فى حالة التوزيع على الجهد المنخفض.

يعود ذلك التشبيه الى الفرق بين تكلفة توزيع الطاقة الكهربائية على الجهود الفائقة وبين توزيعها على الجهد المنخفض، ويقدر ذلك الفرق بواحد الى ثلاثة تقريبا، ويرجع ذلك الفرق أساسا الى أطوال شبكات الجهد المنخفض، إذا ما قورنت بالأطوال الكلية للشبكات. كما أن كثرة عدد مستهلكى الطاقة الكهربائية على الجهد المنخفض وتشتتهم على مساحات واسعة مزيدا من تكلفة التوصيلات والكابلات الكهربية، بينما نجد أن التوزيع على الجهود العالية يتم بالنسبة لعدد محدود من مستخدمى الطاقة، بجانب ضخامة الطاقة.

القاعدة العامة أن يكون كل مستخدم للطاقة مسئولا تبعا لوضعه من الشبكة، وللخصائص الفنية لمعداته المستخدمة للطاقة وللقدرة القصوى المطلوبة، كما يدخل في الإعتبار توزيع استهلاكه زمنيا. لما كانت الأعباء الثابتة والمتغيرة فى كل مرحلة من مراحل الإنتاج والنقل والتوزيع لها معدلاتها فتكون التعريفة الكاملة هى تلك التى تلخص فى إلزام كل مستخدم للكهرباء ليتحمل بقدر الإمكان ذلك الجزء من الأعباء التى يتسبب فيها. غير أن هذا التصوير النظرى إن أمكن تطبيقه تجاوزا على مستهلك كبير منعزل ومغذى مباشرة على الجهد العالى، لكنه غير عملى بالنسبة لمستخدمى الطاقة على الجهد المنخفض، فعددهم وتباينهم، وتشتت استهلاكاتهم بجانب التعقيد الذى يلحق نتيجة لذلك بالشبكة التى تخدمهم يجعل من المستحيل تحديد ذلك الجزء من الأعباء الذى يخص كل واحد منهم. ومن ثم فإن المتبع فى تحديد الأعباء التى يتحملها مستخدم الطاقة على الجهد المنخفض أن يكون تقديرها بسعر متوسط يساهم فى تغطية أعباء إنتاج ونقل وتوزيع الطاقة له، مشتملا على عنصرى التكلفة الثابت منها والمتغير.

أن إستغلال الطاقة الكهربائية بأقل تكلفة كلية محسوبة على فترة طويلة من التطور يعتبر أساسا لتحديد التعريفة بجانب ثمة إعتبارات أخرى يمكن أن تؤثر على البنيان التعريفى وتؤدى إلى وجود فروق بين أسعار تكلفة الوحدة من الطاقة وبين السعر الذى يحاسب به مستخدمها لهذا يجب أن تهدف السياسة العامة إلى إجراء من الإجراءات التالية:

1- ترشيد إستهلاك الطاقة سواء عن طريق الحد من الإستهلاك أو تغيير وضع المستهلكين من حيث زمن إستخدامهم للطاقة بهدف تحسين منحنى الحمل، وذلك من خلال عدم تركيز الطلب كله فى ساعة الذروة مما يسمح بإستخدام أفضل للقدرات المركبة على إمتداد ساعات النهار والليل يؤدى إلى تخفيض متوسط التكلفة وذلك بتوزيع الأعباء الثابتة على عدد أكبر من الكيلووات ساعة بحيث تزيد الطاقة المنتجة بدون زيادة فى الإستثمارات بنفس النسبة. هذا المبدأ شاهدناه في الجداول المختلفة في الفصل الحالي.

2- تمييز بعض فئات مستخدمى الطاقة الكهربائية عن طريق الأسعار التفضيلية لتحقيق أهداف إقتصادية أو إجتماعية كالأسعار التفضيلية التى تمنح لبعض الصناعات الثقيلة حيث تمثل الطاقة نسبة كبيرة فى أعباء تكلفة هذه الصناعة التى يراد لها أن تنمو وتتطور بزيادة قدرتها على المنافسة أو تلك التى قد تقررها الدولة لاستخدامات الطاقة فى الريف لأن تكاليف الشبكة الكهربائية بها مرتفعة فى مقابل كثافة استهلاكية ضعيفة ومقدرة مالية محدودة.

هذه الإجراءات قد تحقق البنيان التعريفى كليا أو جزئيا وتتصل اتصالا وثيقا بمسألة التوازن المالى للقطاع المسئول، ذلك أن أية تعريفة تفضيلية مؤداها تحميل المحاسبة عن الطاقة المستخدمة من فئة إلي أخرى بأقل من تكلفتها، ومن الأمور المسلم بها أن لا تقل محاسبة أى مستخدم للطاقة عن التكلفة الفعلية لتوريد الطاقة له مضافا إليها ما قد يتقرر لقطاع الكهرباء من ربح على الطاقة المباعة كي تتوازن الأعباء مع الإيرادات فى الأمد الطويل فإن لم يحقق ربحا فى أسوأ الحالات فالواجب أن لا يترتب على نشاطه خسارة ما.

علي الرغم من أن الوضع الإجتماعي والتكافل الواجب إجتماعيا قد يوضع في الإعتبار.
هكذا يجب التضييق فى الحالات التى تطبق فيها الأسعار التفضيلية مع التقليل من مدى الانحراف الإحصائي (الذي سبق بيانه في فصل كامل من هذا الكتاب)، حيث أنه من أثار الأسعار التفضيلية وجود تراكم سلبى يتركز في الفرق بين السعر التفضيلى وبين التكلفة الفعلية على جهد التغذية. ذلك أن هذا الفرق إما أن تتحمله الدولة فى ميزانيتها العامة وإما أن تتحمله القطاعات الأخرى (الخاص والعام) المستخدمة للطاقة الكهربائية على الجهود التالية لجهد التغذية والتى انصرف إليها السعر التفضيلى حفاظا على مبدأ التوازن المالى، ومؤدى ذلك زيادة أسعار الطاقة على الفئات التى وقع عليها عبء ذلك التراكم. يجب مراعاة الحذر فى سياسة الأسعار التفضيلية كي يكون تطبيقها فى أضيق الحدود ولفترة محدودة من الزمن، لا تزيد عن الفترة اللازمة لتمكين صناعة من الصناعات الهامة من الوقوف على أسس اقتصادية سليمة من حيث تكلفة وجود منتجاتها. أن استمرار هذه المعاملة (الأسعار التفضيلية) إلى مالا نهاية من شأنه إعاقة توقف الظروف الملائمة لتطوير سليم لباقى التعريفات، إذا ما تحملت الفئات الأخرى من مستخدمى الطاقة بالنتائج المالية المترتبة على الأسعار التفضيلية أو بتحميل الميزانية العامة بعبء هذه المساعدة المستترة إذا لم ينتقل ذلك العبء على باقى مستخدمى الطاقة. عندئذ يكون الواجب أن تنتهى المعاملة التفضيلية أيا كانت الفئة المفضلة بتحقق الأهداف التى قامت المعاملة التفضيلية لتحققها.
من الناحية الثانية هناك عامل أخر يؤثر على البنيان التعريفى تأثيرا لا يتصل أساسا بالتكلفة الفعلية للطاقة الكهربائية فى أية مرحلة من مراحل إنتاجها ونقلها وتوزيعها يكمن في القرارات الصادرة من السلطات العامة والتي تتمثل فى الضرائب والرسوم التى تفرض على وحدة الطاقة التى تستهلكها بعض فئات مستخدمى الكهرباء. لا جدال فى أن هذه الإجراءات من قبل الدولة تمثل أسلوبا ضرائبيا سهلا وفعالا بالنسبة للسلطات العامة لسهولة جبايته من ناحية ولاضطراد زيادة حصيلته بصفة مستمرة مع نمو الطلب على الطاقة الكهربائية غير أن هذه الإجراءات من شأنها أن تؤدى إلى تصور خاطئ لحقيقة أسعار بيع الطاقة الكهربائية. كما أن هذه الإجراءات من شأنها أحيانا أن تلحق تشويها ضارا بالبنيان التعريفى من شأنه أن يشكل عائقا للتطور السليم والطبيعى لإستهلاكات الطاقة الكهربائية ونمو استخداماتها، يضاف إلى ذلك الضرر الذى يلحق بالاستغلال السليم للاستثمارات الكبيرة فى قطاع الكهرباء علي الأمد الطويل وللاقتصاد القومى ككل. إن ذلك يؤدى بدوره إلى عدم تحقق الاستغلال الإقتصادى الكامل لمحطات التوليد وشبكات النقل والتوزيع فى قطاع الكهرباء مما ينعكس أثره على اقتصاديات ذلك القطاع نتيجة لارتفاع تكلفة الوحدة بشكل لا يتناسب وحجم رؤوس الأموال المستثمرة فى ذلك القطاع وحصيلة ذلك كله إعاقة للتطور فى المجتمع نحو إنتاجية أفضل ومستوى معيشة أعلى.

2- المكثفات وتعويض الأحمال

المقصود بتعويض الحمل هو طريقة توليد وأسلوب التحكم فى القدرة المردودة لتحسين جودة الطاقة، حيث أن مصدر التغذية فى شبكات التيار المتردد يحتاج إلي تركيب أجهزة التعويض فى موقع المستهلك بالقرب من الأحمال كالمكثفات المتزامنة والساكنة. إن الغرض من عملية تعويض الحمل هى تحسين معامل القدرة, تحسينن تنظيم الجهد, استقرار الأحمال بحيث تكون متماثلة الأطوار الثلاثة. في هذه الحالات يجب تحقيق الخواص الآتية فى أجهزة التعويض المثالية:
أ- تسليم كمية القدرة المردودة المطلوبة للتعويض تبعاً لمتطلبات الحمل.
ب- أن يحافظ على خواص جهد ثابتة على أطرافه في جميع الأحوال التشغيلية.
ج- أن يكون قادراً على العمل باستقلالية بين أطواره الثلاثة وعند تحسين القدرة المردودة.
د – لا بد من اختيار مصدر مناسب وذلك تبعا للعوامل الأتيه:
1- الإعتمادية ومدى الثقة فى الأجهزة دون حدوث أعطال.
2- العمر الإفتراض للجهاز.
3- تكاليف الشراء والتركيب.
4- تكاليف التشغيل.
5 - تكاليف الصيانة.
6- متطلبات المكان وسهولة التشغيل.

7- ظروف التشغيل وطبيعته.

8- جودة الأداء.

كانت المكثفات المتزامنة هى المصدر الأساسى للقدرة المردودة فى المنظومات الكهربية لفترة طويلة إلا إنه لعوامل عديدة أهمها العامل الإقتصادى فقد بدأ الإستغناء عنها خاصة فى المنظومات الصغيرة نسبيا (منظومات توزيع القوى الكهربية - معظم المنشآت الصناعية) وحل محلها المكثفات الساكنة. تمتاز المكثفات المتزامنة عن المكثفات الساكنة في خاصية امكانية إمداد القدرة المردودة لكمية كبيرة فى لحظات الطوارئ المصحوبة بانخفاض الجهد, كما أنها تستخدم فى خطوط نقل الجهد العالى والفائق, حيث تستخدم فى تغطية القدرة المردودة اللازمة للتشغيل مما يؤدى إلى إستقرار المنظومه وتقويتها.

بالرغم أن المكثفات بمقننات قياسية إلا إنها قد تتغير فى معظم الأحيان مما يؤدى إلى تجاوزات عن خصائص أداء المكثف الجوهرية وهي:

أ- الجهد Voltage

لا بد أن يعمل المكثف بطريقة سلمية عند جهد فعال بين طرفية لا يتعدى 110% من جهده المقنن, ومع هذا يمكن وجود تجاوزات أكبر فى الجهد نتيجة ظروف التشغيل ولذلك فإنه يجب أن لا يقل جهد المكثف المقنن عن 95% من أعلى جهد متوقع ولذلك يوصى باختيار جهد المكثف المقنن أعلى قليلا من جهد الشبكة المقنن.

ب- درجة الحرارة Temperature

تعتمد درجة الحرارة التى يستقر عندها المكثف على مفقود ذات عزل المكثف ودرجة الحرارة الخارجية ولذلك يتبع الآتى عند التشغيل:

أ- لا تتعدى درجة الحرارة الوسط المحيط للمكثف °40 م.

ب- لا تتعدى القيمة المتوسطة لدرجة حرارة الوسط المحيط عن °30م على مدار اليوم.

ج- لا تتعدى القيمة المتوسطة لدرجة الحرارة الوسط المحيط °20م على مدار علم كامل.

د- الإلتزام بقدر الإمكان بدرجات الحرارة المقننه للمكثف.

هـ - عدم وضع المكثفات فى اماكن زائدة الحرارة وتتم التهوية عادة بطريقه طبيعية.

علي الجانب الآخر تحتاج هذه المكثفات إلي وسائل الحماية والتحكم وهي:

أ- يجب تزويد المكثفات بوسيلة حماية ضد زيادة التيار (مصهر أو قاطع دائرة).

ب- عند استعمال وسيلة حماية خاصة بالمكثف نفسه فيجب اختيارها بأقل مقنن ممكن, نختار مقنن وسيلة الحماية 250 % من مقنن تيار المكثف وذلك للحماية من تيار المقنن.

ج- عند اعتبار المكثف حمل ثابت فهو لا يحتاج الى حماية تجاوز الحمل الخاص به, وتزود معظم المكثفات بمصهرات داخلية للحماية من قصر الدائرة الداخلية للمكثف نفسه.

د- عند توصيل المكثف على جانب الحمل فإن المصهرات الداخلية تكون كافية ولا تحتاج الى مصهرات إضافية إلا فى الحالات التجميعية للمكثفات.

4-8: تصحيح الأسعار CORRELATION FOR ENERGY COST

من المعروف أن التكلفة السعرية من الأعمال الهندسية إقتصاديا لأنها توجب تغطية نفقات الإنشاء والتشغيل وما يتبعها من أعمال الصيانة أو التجديد والإحلال. هكذا تكون عملية التسعير الحقيقية هي المعيار الأولي للتعامل مع إستهلاك الطاقة، مما يدعوا إلي التعامل مع مبدأ التسعير مع معاملات التصحيح الواجبة لتعديل تكلفة الإستهلاك بشكل منتظم، ولهذا نضع المثال الواقعي لتصحيح التسعير في البند الحالي من هذا الفصل. نجد أن النظام السعري المتبع في مصر والكثير من الدول الأخري يتبع النظام الشرائحي stripe حيث تكون لكل شريحة السعر الخاص بها كما نراها في الجدول رقم 8 – 28 للتسعير الطاقوي في قطاع المنازل domestic.

الجدول رقم 8 - 28: التعريفة الأساسية لإستهلاك الطاقة الكهربية بالقطاع المنزلي في مصر

الطاقة	100	200	300	400	500	1000	2000	3000	4000
التعريفة الأساسية	180	480	860	1280	1740	5290	15290	27290	39290
P_{av} (/ kWh)	1.8	2.4	2.86	3.2	3.48	5.29	7.645	9.096	9.82
RRP (أساس) معدل الزيادة السعرية	1	1.33	1.58	1.77	1.93	2.93	4.24	5.05	5.69
RRP (شرائح) معدل الزيادة السعرية	1	1.33	1.19	1.11	1.08	1.52	1.44	1.18	1.07

من الجهة الأخري يلزم تحديث التعريفة الكهربية بشكل منتظم لمواكبة طبيعة وشكل منحنيات الأحمال حيث جاءت التعريفة الخاصة بقطاع المنازل في شرائح متتالية كما نراها في الجدول رقم 8 – 29 للقطاع التجاري commercial وهو ما يشمل القطاع الصناعي بداخله.

جدول رقم 8 - 29: التعريفة الأساسية للقطاع التجاري (الصناعي)

الطاقة	100	200	300	400	500	1000	2000	3000	4000
التعريفة الأساسية	210	570	1210	1970	2850	7850	19850	33850	46850
P_{av} (/ kWh)	2.1	2.85	4.03	4.925	5.7	7.85	9.925	11.28	1.96
RRP (أساس) معدل الزيادة السعرية	1	1.35	1.91	2.34	2.71	3.73	4.72	5.37	5.69
RRP معدل الزيادة السعرية (شرائح)	1	1.35	1.41	1.22	1.15	1.37	1.26	1.13	1.06

إذا ما تابعنا التطور السعري للطاقة في هذا المثال نجد أن معدل ارتفاع السعر The rate of rise of price (RRP) لكل شريحة سعرية، حيث تم حساب هذا المعدل نسبة إلي أساس القيمة لكل شريحة. نجد من القراءات المجدولة أن القيمة السعرية متزايدة بصفة مستمرة لكلا من القطاعين المنزلي والتجاري. نظرا لأن الفقرة الحالية تحتاج إلي التحليل الرياضي وهو ما يحتاج إلي العديد من الرموز الرياضية، نضع إجمالي الرموز ومعناها بالجدول رقم 8 – 30 حيث يتم التعريف بكل الرموز symbols والمعاملات التي ستظهر في المعادلات في التحليل:

1- تكلفة الطاقة Energy Price

من المعروف أن التكلفة الكلية للطاقة تتبع الصيغة:

التكلفة الكلية = تكلفة ثابتة + تكلفة متغيرة (2 – 8)

هذه الصيغة تفيد بأن التكلفة الكلية الإنشائية للمحطات تدخل في الإعتبار سواء كانت محطات توليد أو نقل بالإضافة إلي خطوط النقل والملحقات المختلفة علي كل المستويات وهو الجزء المتمثل في التكلفة الثابتة بينما تظهر التكلفة المتغيرة في الطاقة المستهلكة والتشغيل والصيانة والإحلال والتجديد والتطوير ومشتملاتها جميعا. سنتعامل مع الجزء المتغير من التكلفة يعتمد بالدرجة الأولي علي منحنيات الأحمال التي يمكنها أن تقلل من هذه التكلفة نتيجة للتحفيز أو الغرامة كوسائل نمطية لعلاج الثغرات الفنية والزمنية في تشغيل الشبكات الكهربية بوجه عام وهي سبل لتحسين مستوي أداء الشبكة الكهربية. من منحني الأحمال نجد أن الحمل المتوسط يعبر عن الطاقة المتوسطة أو الكلية total energy (E_t) والمستهلكة من خلال المشتركين بوحدات KWH حيث يكون لها سعرا شهريا متوسطا average monthly price بمقدار P_{av} حيث تحسب بالجنيه المصري .L.,E وتكون بالصورة:

$$P_{av} = (1/(E_t)) \times \sum_{i=1}^{n_c} (P_i \times KWh_i) \qquad (8\text{-}3)$$

الجدول رقم 8-30: بيان بالرموز Nomenclature المستخدمة في هذا البند

المعني	الرمز
سعر متوسط للشريحة m	P_m
الطاقة للشهر i	KWh_i
سعر طاقة للشهر i	P_i
طاقة كلية	E_t
تذبذب تراكمي	F
قراءة حالية للشهر i	P_i
قراءة مسجلة للشهر i	P_{i-1}
الوقت الزائد في الشهر i	t_i
قراءة الطاقة للشهر i	R_i
نقطة وسط المجموعة class	M
ذبذبة القراءات	f
متوسط المجموعة	X_g
سعر متوسط شهري	P_{av}
ذبذبة المستوي المتوسط	f_{md}
فرق تذبذب مع السابق	D_a
قيمة متوسطة للعينات	μ
عدد عينات.($n < N$)	n
إنحراف قياسي للعينات	σ
الفترة شهر	T

المعني	الرمز
جنيه مصري	L. E.
عدد المشتركين الكلي	n_c
معدل إرتفاع السعر	RRP
قرش(100 P. T. = L. E.)	P. T.
قيمة الشرائح 1، 2، 3 بالترتيب	E_1, E_2 & E_3
طاقة في الشريحة 2 <E_2	e_2
طاقة في الشريحة 2 <E_3	e_3
متوسط قياسات إحصائية *population*	X
دورة زمنية بالشهر i	T_i
معامل Pearson Ian coefficient of skew ness	P
القراءة للزمن i	X_i
ثقل المتوسط *weight load mean*	X_w
معامل تصحيح للطاقة المستهلكة	α
الحد الأدني للمستوي المتوسط	L_{md}
خطوة مستوي متوسط	C
فرق تذبذب متوسط المستوي والتالي	D_b
عدد population	N
إنحراف قياسي مع population	S
وزن القراءة	W_i
معامل تصحيح المنحني (unused energy)	β

يجب أن يتواكب ويتطابق السعر المتوسط الفعلي مع ذلك النظام الشرانحي والذي يتحدد من شركات الكهرباء حيث أن للمشتركين عدد من المستويات هو m classes في كل قطاع إستهلاكي ولكل شريحة سعرها المحدد P_m للشريحة رقم m والتي تتغير من 1 إلي 9 كما هو مدرج في الجدولين السابقين لكلا القطاعين. ذلك لا بد وأن يتساوي مع الناتج من المعادلة السابقة والخاصة بالسعر الشهري الإجمالي. قد تم حساب القيمة الديناميكية والإستاتيكية للتعريفة لكل من القطاعين كما جاءت النتائج في الجدولين رقم 8 – 31 ورقم 8 – 32 مرجعية إلي القرش المصري P. T. units.
من الملاحظ أن معدل الزيادة السعرية RRP في التعريفة الكهربية عاليا نسبة إلي الحالات الأولية (جدول رقم 8 - 28 وجدول رقم 8 - 29) علي الرغم من تذبذب المعدل الديناميكي بين 1 و 5.68 (بدلا من 1 و 1.37) في حالة الأحمال الصناعية، أما بالنسبة للأحمال

المنزلية فقد كانت بين 1 و 2.81 (بدلا من 1 و 1.52). هذا يعني أن النظام السعري يتوجه في حماية المشتركين الصغار، ومن ثم كانت الحاجة ضرورية لحساب فرق التكلفة بين التعريفة الديناميكية dynamic والتعريفة الساكنة static tariff لكل من النوعين وقد وردت النتائج في الجدول رقم 8 – 33، حيث تبين أن التغير لم يتوقف علي الشرائح stripes المتتالية فقط بل لحق أيضا بمحتوي الشريحة داخليا.

الجدول رقم 8 – 31 : الأسعار المحسوبة للقطاع المنزلي domestic sector بمصر (القيمة .P. T)

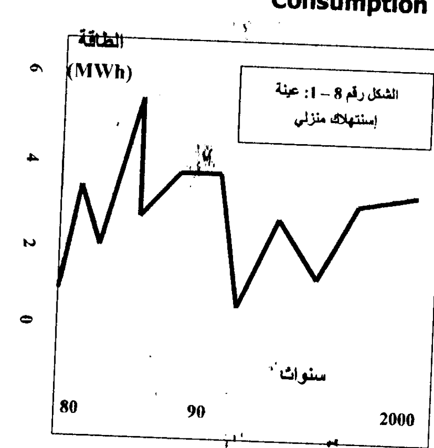
الطاقة kWh	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000
تكلفة الطاقة	180	300	380	420	460	3550	10000	12000	12000
التعريفة الأساسية (/ kWh)	1.8	3	3.8	4.2	4.6	35.5	100	120	120
(أساس) RRP معدل الزيادة السعرية	1	1.66	2.11	2.33	2.55	19.72	55.55	66.66	66.66
RRP (dynamic) معدل الزيادة الديناميكية	1	1.66	1.26	1.11	1.09	7.71	2.81	1.2	1

الجدول رقم 8 – 32 : أسعار القطاع التجاري commercial بمصر (القيمة بالقرش .P. T)

الطاقة kWh	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000
تكلفة الطاقة	210	360	640	760	880	5000	12000	14000	14000
التعريفة الأساسية (/ kWh)	2.1	3.6	6.4	7.6	8.8	50	120	140	140
RRP (أساس) معدل الزيادة السعرية	1	1.71	3.04	3.61	4.19	23.81	57.14	66.66	66.66
*RRP (dynamic)*معدل الزيادة الديناميكية	1	1.71	1.77	1.18	1.15	5.68	2.4	1.66	1

2- الطاقة المستهلكة Consumption Energy

نظرا لإتباع النظام الشرائحي في تسعيرة الإستهلاك الكهربي مما يجعل التكلفة المحصلة تعتمد علي الفترات البينية للقياس بالدرجة الأولي، وهي ما يمكن تعريفها بالدورة الزمنية cycle of time للقياس (T) (المفروض أنها شهر كامل 30 يوم تماما). نتيجة للقياس اليدوي تظهر الإزاحة deflection الزمنية في فترات القياس الحقيقية، ومن ثم تكون القراءة المسجلة P_i في الشهر رقم x لتمثل الفارق بين القراءة الحالية R_i وتلك السابقة R_{i-1} (في الشهر السابق) فنحصل علي التعبير الرياضي:



الشكل رقم 8 – 1: عينة إستهلاك منزلي

$$P_i = R_i - R_{i-1} \qquad (8\text{-}4)$$

وهي ما يمكن إعادة صياغتها للشهر الأول في القراءات بالشكل:

$$P_1 = E_1 + E_2 + e_3 \qquad (8\text{-}5)$$

لذلك ستظهر القراءة التالية (الشهر التالي) بقيمة تشمل الخطأ الناتج عن عدم تساوي الفترة الزمنية للقيمة 30 يوم وسوف تصبح بالقيمة:

$$P_2 = E_1 + e_2 \qquad (8\text{-}6)$$

الجدول رقم 8 – 33:التغير السعري الديناميكي dynamic والساكن static لكل من قطاعي المنازل والصناعة

kWh	الأحمال المنزلية				الأحمال التجارية			
	Pitch (P. T.)	متوسط ثمن	سعر شريحة	نعدل زيادة	Pitch (P. T.)	متوسط ثمن	سعر شريحة	نعدل زيادة
100		180	180	0		210	210	0
125		300	255	45		356.25	300	56.2
150	75	360	330	30	90	427.5	390	37.5
175		420	405	15		498.75	480	18.7
200		480	480	0		570	570	0
225		643.5	575	68.5		906.75	730	176.7
250	95	715	670	45	160	1007.5	890	117.5
275		786.5	765	21.5		1108.25	1050	58.2
300		860	860	0		1210	1210	0
325		1040	965	75		1600.62	1400	200.6
350	105	1120	1070	50	190	1723.75	1590	133.7
375		1200	1175	25		1846.87	1780	66.8
400		1280	1280	0		1970	1970	0
425		1479	1395	84		2422.5	2190	232.5
450	115	1566	1510	56	220	2565	2410	155
475		1653	1625	28		2707.5	2630	77.5
500		1740	1740	0		2850	2850	0
600		3174	2095	1079		4710	3350	1360
700		3703	2450	1253		5495	3850	1645
800	355	4232	2805	1427	500	6280	4350	1930
900		4761	3160	1601		7065	4850	2215
1000		5290	5290	0		7850	7850	0

حيث نجد أن القيمة e_2 تعبر عن الطاقة في الشريحة التالية وقيمتها تقل عن القيمة الأقصى E_2 لهذه الشريحة. فإذا ما كان $E_2 < e_2 + e_3$ سيظهر الخطأ في القراءة الخاصة بالطاقة المستهلكة وبالتالي قيمة التكلفة الكلية لحساب هذا الإستهلاك، بالرغم من أن هذا الخطأ

لا يقترب من التعريفة الكهربية الثابتة فعلا – فيقودنا إلي ضرورة التصحيح correlation لهذه القراءات وبالتالي الثمن المحص عنه.

3- معامل التصحيح CORRELATION FACTOR

لمزيد من التوضيح نضع أحد الأمثلة لإستهلاك منزلي ودراسة الخطأ الناشئ عن حساب التكلفة الفعلية (الشكل رقم 8 – 1) والمحد بالجدول رقم 8 – 34.

مع العلم بأن هذه العينة sample حقيقية وتم تحديدها بطريقة عشوائية (الجدول رقم 8 – 34)، حيث تتاح الدراسة لنوعين الخطأ mistake في حساب التكلفة لإستهلاك الطاقة consumed energyمن جهة الشرائح المحاسبية stripe zone وفي الفت الزمنية البينيةtime period.

الجدول رقم 8 – 34: النتائج الحسابية لنموذج الدراسة

حتي عام	طاقة (kWh)	تكلفة كلية (L. E.)	سعر متوسط (L. E./kWh)	نسبة نمو السعر	نسبة نمو عن العام السابق
1981	2111	34.125	1.6165	1	1
1982	5665	99.552	1.7573	1.0845	1.0845
1983	7963	144.382	1.8131	1.1216	1.0342
1984	11948	230.932	1.9328	1.1956	1.0659
1985	16467	359.217	2.1814	1.3494	1.1286
1986	19316	436.592	2.2602	1.3982	1.0361
1987	22644	530.462	2.3426	1.4491	1.0364
1988	26029	626.692	2.4076	1.4894	1.0278
1989	29542	745.597	2.5238	1.5612	1.0482
1990	31376	793.012	2.5274	1.5635	1.0014
1991	33653	872.292	2.592	1.6034	1.0255
992	36862	1049.382	2.8467	1.761	1.0983
1993	39634	1242.707	3.1354	1.9396	1.1014
1994	41597	1444.302	3.4721	2.1479	1.1073
1995	44696	1715.172	3.8374	2.3738	1.1052
1996	48023	1999.782	4.1642	2.576	1.1085
1999	56200	337102.88	5.998	3.7104	

في هذا المثال قد تم الحصول رياضيا علي معدل الزيادة السعرية RRP لإستهلاك الطاقة في الجدول رقم 8 – 34 ثم ظهرت كر بياني في الشكل رقم 8 - 2 وبالقيمة بوحدة القرش لكل ك. و. س.وهو يبين بجلاء الزيادة الضطردة في هذا المعدل السعري / T. KWh).

هنا نجد ان الإنحراف في الفترة الزمنية البينية T_i بمقدار للقراءة رقم (R_i) للطاقة ذات القيمة (P_i) والتي تتعلق بالفترة الز البينية الصحيحة T حيث (usually T= 30 days) بينما المحور الزمني t_i البينية يتحكم في القيمة i والتي تمثل رقم الشهر العام (i = 1, 2,……, …, 12) ولذلك تكون القراءة الشهرية عبارة عن:

$$R_i = T + t_i \qquad (8\text{-}7)$$

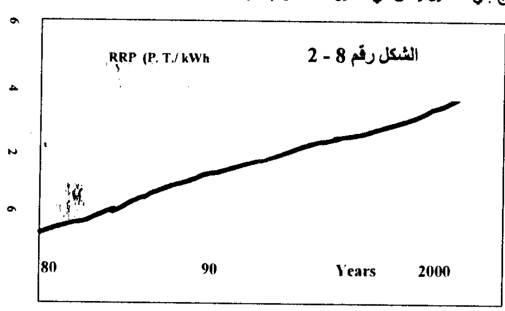
رجوعا إلي النموذج المنولي للطاقة المستهلكة نجد أنه قد تم حساب الطاقة المتوسطة المستهلكة شهريا (للفترة البينية للمحاسبة) خلال العام وهي تعادل مجموع الطاقة في الشهور كلها مقسومة علي عدد الشهور، وهو ما يشير إلي الخطأ الأول في المحاسبة (الجدول رقم 8 – 34). كما أنه من القراءات اللحظية السابق بيانها في هذا الكتاب عن الأحمال خلال شهري أغسطس وسبتمبر نجد أن المتوسط الخاص بها قد ظهر في الشكل رقم 8 - 3.

يأتي المحور الثاني للخطأ كما هو محدد بالصيغة equations 9-17 الرياضية والمرتبط بالزمن في الفترات المختلفة مما يسبب خطأ في الشريحة الصحيحة للحساب، حيث تم إيضاح النتائج النهائية لهذا الخطأ في الجدول رقم 8 – 35. في هذا الجدول قد ظهرت الأخطاء في القراءات التي جاءت في السطور الرقيمة 1 ، 2 ، 3 ، 13 ، 14 ، 16. هذه القراءات تحتاج بالضرورة إلي تصحيح correlation في المحاسبة accounting للتكلفة الحقيقية للطاقة المستهلكة. معامل التصحيح الأول يحتاج إلي التعديل للحساب المتوسط السنوي للقراءة الشهرية والثاني يقوم بتعديل الفترة البينية وما ينتج عنها من خطأ، ويمكن أن نضع المعامل (α) لتغطية هذان الخطأن في الصورة:

$$\alpha = 1 + (t_i / T) \quad (8\text{-}8)$$

-4 قياسات إحصائية Statistical Measurements

الجزء الثاني من الخطأ والذي يحتاج إلي التعديل يكمن في التغير المستمر لإستهلاك الطاقة تبعا لمنحنيات الأحمال الخاضعة للنظام الإحصائي بوجه عام، ويمكن أن تحتاج إلي القراءات الشاملة لمدينة أو لحي أو منطقة كما هو الحال مع القراءات التي وردت من قبل في الفصول السابقة من هذا الكتاب لمدينة بور سعيد في مصر – وهو ما يمكن تصحيحه من خلال القراءات والمعاملات الفنية لمنحنيات الأحمال داخل الفترة الكلية للقراءات.



-1 الحمل المتوسط Average Load

نظرا لأن الدراسة الإحصائية تحتاج إلي عددا كبيرا من القراءات مما يجعلنا اللجوء إلي الإعتماد علي القيمة المتوسطة Population Mean كمتوسط حملي average load بالقيمة X والتي تأخذ الصورة:

$$X = [\Sigma X_i] / N, \quad (i=1,\ldots,N) \quad (8\text{-}9)$$

الجدول رقم 8 – 35: قراءات النموذج المختار

month تاريخ / year	قراءة شهرية KWh	تكلفة الطاقة	طاقة شهرية *KWh*	تكلفة شهرية	Average/ قيمة مكافئة dynamic	نسبة متوسط	نسبة ديناميكية
10/80	127/2	2.163	63.5	1.08	1.14	0.948	0.948
4/81	349/3	5.83	116.3	1.16	2.79 - 2.19	0.415	0.529
7/82	1497/5	27.42	300	5.48	8.6	0.637	0.637
2/83	300/1	5.55	160	5.55	8.6	0.645	0.645
10/84	160/1	3.065	301	3.06	3.84 - 3.66	0.798	0.837
9/85	301/1	8.385	151	8.38	8.6	0.975	0.975
9/86	151/1	3.325	300	3.32	3.6 - 3.32	0.923	1
7/87	300/1	8.6	300	8.6	8.6	1	1
5/88	300/1	8.6	250	8.6	8.6	1	1
12/89	250/1	5.4	124	5.4	7.15 - 6.7	0.755	0.805
7/90	124/1	3.04	102	3.04	2.97 - 2.5	1.02	1.216
8/91	102/1	3.09	524.5	3.0	2.44 – 2	1.266	1.658 1.54
5/92	1049/2	61.9	318.5	30.95	27.74- 18.66	1.115	2.31
3/93	637/2	42.46	195	21.23	10.19 ³ 9.17	2.08	3.56
6/94	195/1	14.54	425	14.54	4.68 ³ 4.08	3.106	3.06
4/95	2125/5	213.5	377	42.7	14.79 ³ 13.95	2.887	3.209
4/96	377/1	35.5	187	35.5	12.06 ³ 11.06	2. 94	3.577
2/97	187/1	13.88		13.88	4.48 - 3.88	3.098	

القيمة المتوسطة average value يمكن أن تتنوع من الناحية الحملية كما سبق بيانه فالجدول رقم 8 – 36 يعطي المتوسط الحملي *Instantaneous Mean* للأسبوع الأول من شهر أغسطس عام 1999 لمدينة بور سعيد بوحدات الأمبير بينما يقدم الجدول رقم 8 – 37 ذات الحسابات ولكن عن شهر سبتمبر من نفس العام. علي الجانب الآخر نجد أن الإختيارات العشوائية لقيمة المتوسط الحملي لبعض من هذه الحالات قد ظهر في الجدول رقم 8 – 38.

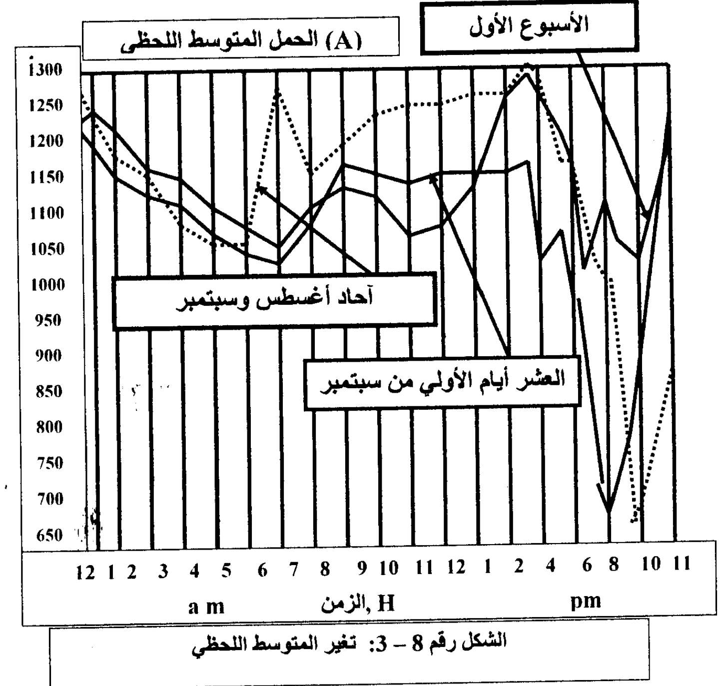
الجدول رقم 8 –36: الحمل اليومي المتوسط للأسبوع الأول من أغسطس 1999 (أ)

Day	1	2	3	4	5	6	7
Average	1035	1215	1090.8	1131.6	1242.5	1066.6	900

الجدول رقم 8 – 37: الحمل اليومي المتوسط لشهر سبتمبر 1999 (أ)

Day	1	2	3	4	5	6	7
Average	1035	1039.1	1079.1	952.1	976.6	1213.3	714.1
Day	8	9	10	11	12	13	14
Average	1160.4	1045	855	904.1	1055.8	1192.5	1039.1
Day	15	16	17	18	19	20	21
Average	1025.8	755.8	942.1	1047.5	1270.8	1251.2	975
Day	22	23	24	25	26	27	28
Average	1227.5	1245	1093.3	1210.8	1143.3	1175.8	1133.3

لما كانت القراءات اللحظية قد جاءت إحصائيا في الجدول رقم 8 – 36 للإسبوع الأول من أغسطس 1999 فنري التباين بين هذه القراءات والأخري التي وردت في كل الجداول المحسوبة التالية وهو أمرا طبيعيا للتغير الحملي المستمر. كما أنه من الملاحظ أن النتائج الخاصة بالقراءات العشوائية مختلفة وهي التي تؤكد علي أن قيمة المتوسط وحده لا يكفي للتعبير عن منحنيات الأحمال بل يجب أن يكون معه معامل التشتت في القراءات وحسابه إحصائيا ليكون معبرا فعلا عن واقع توزيع القراءات ككل.



الشكل رقم 8 – 3: تغير المتوسط اللحظي

الجدول رقم 8 – 38: الحمل اليومي المتوسط لحالات عشوائية (أ)

Case	Concept	Daily Average load	N
Days 1 , 20 , 23 /9	Random	1126.6	72
Days 1 , 7 ,25 /8	Random	1124.7	72
Days 3 , 17 , 26 /8	Random	1063.03	72
Sept.	Sundays	981.98	120

2- عامل التشتت Dispersion Factor

معامل التشتت (الإنحراف) يعبر عن مدي توزيع وانتشار النقاط الحملية الأخري حول القيمة المتوسطة (الحمل المتوسط)، وهو بذلك يوضح بجلاء التغير في شكل منحنيات الأحمال بجانب قيمة الحمل المتوسط أي أن الحمل المتوسط بمفرده غير كاف عن التعبير والتقييم للأحمال اليومية ككل، كما يمكن حساب المؤشر الدال علي ذلك وهو ما يعرف إحصائيا باسم معامل الإنحراف القياسي standard deviation ويرمز له بالرمز (S) بينما مربع هذا المعامل يعرف باسم المتغير variance وهو ما يتم حسابه تبعا للصيغة:

$$S = \sqrt{\Sigma[X_i - X]^2 / N} \quad , \quad (i=1,\ldots,N) \qquad (8\text{-}10)$$

كما أن هذا المعامل (S) يقابل في حالة العينات (العدد (n)) بالمعامل (σ) والذي يأخذ الشكل الرياضي:

$$\sigma = \sqrt{\Sigma\ [X_i - \mu]^2 / (n-1)}\ , \ (i=1,\ldots,n) \qquad (8\text{-}11)$$

هكذا كان من الأهمية البالغة حساب قيمة معامل الإنحراف القياسي للعينات المطروحة في هذا الفصل حيث جدولت النتائج الخاصة بمنحنيات الأحمال الخاصة بمدينة بور سعيد عن شهر سبتمبر في الجدول رقم 8 - 39، حيث ظهر الفارق بين الحالتين بالنسبة (σ/S) والتي يمكن أن تتحسن بالعدد الكبير من العينات.

الجدول رقم 8 – 39: نتائج الإنحراف للعينات المطروحة

Case	Time	Average	N	S	σ	σ/ S
سبتمبر 1-10	Mid night	1236	10	31.61	35.12	1.11
أغسطس 1-7	Peak	1282.85	7	36.46	42.53	1.16
أغسطس 1-7	Light load	975.14	7	191.34	223.23	1.16
1/8/99	24 h	1035	24	64.35	67.14	1.04

3- المجموعات الإحصائيات Grouped Data

نظرا لأن طبيعة العمل مع منحنيات الأحمال ينطوي علي النسق التجمعي أو مجموعات متعددة، خصوصا وأن القراءات متناثرة علي نطاق واسع كما سبق البيان في الفصول السابقة، يكون من أفضل الطرق الإحصائية إتباع النظام بالمجموعات (أسبوعيا أو شهريا أو موسميا) كما سبق الشرح في الفصل الخاص بالإحصائيات عموما ومن ثم تم حساب هذه المعاملات كما جاءت في الجدول رقم 8 – 40. كما كان نسق المجموعة group mode للقراءات مع باقي المعاملات قد تم حصرها في الجدول رقم 8 – 40. كما أن التذبذب التراكمي قد جاء في الجدول رقم 8 – 41، وجدير بالذكر بأن معامل الإنحراف في هذه الحالة هو:

$$S = \sqrt{\Sigma[f M_i^2 - n X^2] / (n-1)} \qquad (8\text{-}11)$$

الجدول رقم 8 – 40: النتائج للقراءات المجموعية لبعض الحالات

الحالة Case	Case (a)	Case (b)	Case (c)
الفترة	أسبوع أغسطس	أيام الأحد في شهري أغسطس وسبتمبر	سبتمبر
عدد القراءات n	168	216	696
Average متوسط	1102.64	1072.83	1072.77
Mode نمط	679.05	613.95	605.96
Median وسط .	1583.5	1952.3	645.33
Standard deviation *إنحراف قياسي*	224.7	922.95	346
Skew ness Factor (P)	- 6.42	- 1.569	3.706

يتضح من النتائج أن تقترب من التوزيع العادي للحالة رقم ولكنها تزيد للحالة، أما الحالة تشير إلي وضع غير عادي لشكل منحنيات الأحمال بصورة عامة حيث أن قيمتها موجبة (الشكل 8 - 4)، مما تزيد من الأهمية في الطرق الإحصائية لتمثيل منحنيات الأحمال.

الجدول رقم 8 – 41: التذبذب التراكمي للنتائج المحددة

Case	Class						
المستوي	1	2	3	4	5	6	7
(a)	21-220	221-420	421-620	621-820	821-1020	1-21-1220	1221-1420
(b) & (c)	0-299	300-599	600-899	900-1199	1120-1499	-	

4- متوسط الوزان الحملية The Weight Loads Mean

تظهر أهمية تأثير الذروة علي منحني الأحمال بالنسبة لأداء المهندسين، ومن ثم يكون لازما دراسة الذروة والأحمال الخفيفة بناء علي المعادلة:

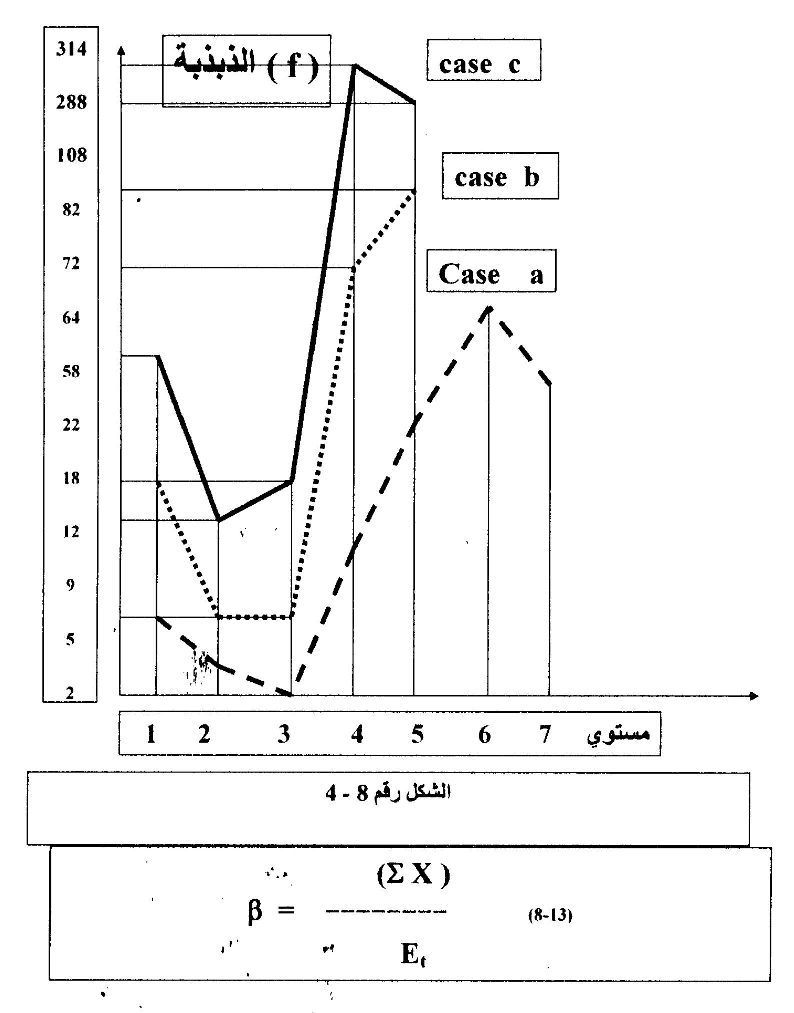
$$Xw = \frac{[\Sigma Xi Wi]}{\Sigma Wi} \qquad (8\text{-}12)$$

جاءت نتائج الحسابات لهذا الموضوع في الشكل رقم 8 – 5 مبرهنا علي أه الذروة من النقاط الهامة والرئيسية عند التخطيط والتصميم للشبكات الكهربية.

5- معامل التصحيح لمنحنيات الأحمال *CORRELATION FACTOR FOR LOAD CURVES*

إنطلاقا من التغير الواسع في منحنيات الأحمال ليس زمنيا فقط بل ومكانيا أيضا نتيجة الإضافة الدائمة للمشتركين يوما بعد يوم علي أطراف الشبكة مما سوف يؤدي بالضرورة إلي تغير شكل المنحنيات.

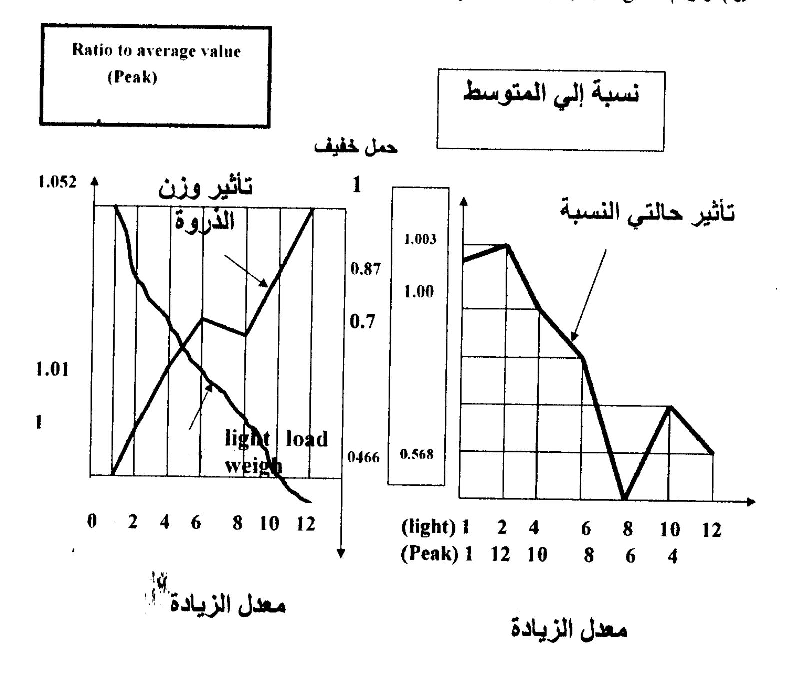
من هذه النتائج المحدد لأيام الأحد نري أننا في حاجة إلي معامل (skew factor) لتقريب التوزيع من المعتاد، مما يبسط الوضع لأنه الشكل دائما يتغير بينما يستقر المنني شكلا لنفس اليوم بالتتابع. يقع علي المعامل الثاني للتصحيح مسئولية توزيع الطاقة غير المستغلة علي كافة المشتركين لتغطية التكلفة الناتجة عنها وعدم إستخدامها (الشكل رقم 8 - 5). هذا المعامل قد يتحدد لمشترك أو مجموعة أو لمدينة كدالة من الحمل المتوسط بالصيغة:



الشكل رقم 8 - 4

$$\beta = \frac{(\Sigma X)}{E_t} \quad (8\text{-}13)$$

أخيرا نضع كل الطاقات المستهلكة وتلك المهدرة والأخري غير المستغلة في الميزان لتحديد التعريفة الكهربية المناسبة (تكلفة متغيرة)، ومن ثم نستطيع تغطية الإنحراف المتواجد في القراءات الحملية خصوصا إذا ما كانت القراءات شهرية أو تجاوزت هذا الحد.



(a) The condition of single effect
تأثير النسبة الوحيدة

(b) The condition of multi ratio effect
تأثير النسبة المتعددة

الشكل رقم 8 – 5 : تأثير أوزان حمل الذروة والأحمال الخفيفة

REFERENCES المراجع

أولا: مراجع باللغة العربية

1- بسيوني البرادعي (1990 – 1995) : مجلة الكهرباء والطاقة .

2- علي الصعيدي (1990): الكهرباء عصب الحياة- الكهرباء والطاقة – 5(2-3).

3- ماهر أباظة (1990): مشروعات الربط الكهربي بين مصر والدول العربية المتجاورة وزالير – الكهرباء والطاقة – 5(50-51).

4- محمد حامد (1999): المستقبل التنموي للطاقة العربية – مصر .

5- محمد زكي محمد خضر (1995): الأنظمة الخبيرة في التطبيقات الصناعية – المؤتمر الدولي للاتصالات بالدول الإسلامية – عمان – الأردن – مايو 1995 – (1-7).

6- محمد محمد حامد (1998): الشبكات الكهربية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – القاهرة

7- محمد محمد حامد (1999) : الترشيد – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – القاهرة .

8- منحنيات الأحمال لمدينة بور سعيد خلال 1999 – شركة كهرباء القناة – مصر .

9- نشرة معلومات محافظة بور سعيد (1993) عدد 1 – 3 .

10- نشرة فنية (1991) – مشروع ترشيد الطاقة – رقم 4 - يوليو.

11- يوسف الهاجري (1993): النظام الكهربي والمائي – المهندسون- 39(8-16).

12- التقرير السنوي 2004 – الشركة العامة للكهرباء - ليبيا .

13- دولة الكويت (2005) - وزارة الطاقة والكهرباء و الماء

14- شركة الكهرباء الوطنية - قطاع الكهرباء في الأردن - التعرفة الكهربائية المعمول بها في المملكة حتى نهاية عام 2005

ثانيا: مراجع باللغة الإنجليزية

1- H. Abd Allah (1995): Energy efficiency and the Egyptian economy. Inter. Conference On Tech. For Energy Efficiency & Environ. Protection, March 26-30, EE1(1-18)

2- M. Hamed et al (1987): Economic criteria for the compensation of reactive power loads in transmission and distribution networks. Arab Gulf J. Scient. Res. Math. Phys. Sci., A 5 (2) 239-258.

3- V. K. Mehta (1993): Principles of Power Systems, ND.

4- Power Factor Correction – Energy Conservation & Efficiency Project Washington, USA, 1992

5- M. L. Soni, P. V. Gupta & U. S. Bhatnager (1979): A Course in Electrical Power , Dhanpat Rai & Sons, Delhi, India.

6- A. L. Webster (1998): Applied Statistics for Business & Economics, An Essential Version, Mc Graw Hill, 3rd Edition, NY.

7- M. Hamed: Design of Electric Stations, GAEB, Cairo, 2005. Book.

8- J. Contreras, A.J. Conejo, S. de la Torre, and M.G. Munoz, "Power engineering lab: Electricity market simulator," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 17, no. 2, pp. 223–228, May 2002.

9- Y.S. Son, R. Baldick, K. Lee, and S. Siddiqi, "Short-term electricity market auction game analysis: Uniform and pay-as-bid pricing," IEEE Trans. Power Syst., vol. 19, no. 4, pp. 1990–1998, Nov. 2004.

10- J. Contreras, R. Espinola, F.J. Nogales, and A.J. Conejo, "ARIMA models to predict next-day electricity prices," IEEE Trans. Power Syst., vol. 18, no. 3, pp. 1014–1020, Aug. 2003.

11- F.J. Nogales, J. Contreras, A.J. Conejo, and R. Espinola, "Forecasting next-day electricity prices by time series models," ***IEEE Trans. Power Syst.***, **vol. 17, no. 2, pp. 342–348, May 2002.**

12- J.J. Guo and P.B. Luh, "Improving market clearing price prediction by using a committee machine of neural networks," ***IEEE Trans. Power Syst.***, **vol. 19, no. 4, pp. 1867–1876, Nov. 2004.**

13- L. Zhang and P.B. Luh, "Neural network-based market clearing price prediction and confidence interval estimation with an improved extended kalman filter method," ***IEEE Trans. Power Syst.***, **vol. 20, no. 1, pp. 59–66, Feb. 2005.**

14- A.M. González, A.M. Son Roque, and J. Garcia-Gonzalez, "Modeling and forecasting electricity prices with input/output hidden Markov models," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 20, no. 1, pp. 13–24, Feb. 2005.

15- M. Shahidehpour, H. Yamin, and Z. Li, ***Market Operations in Electric Power Systems: Forecasting, Scheduling, and Risk Management.*** **New York: Wiley, Apr. 2002**

16- William B. Marcus, Greg Ruszovan, Mid-Atlantic States Cost Curve Analysis- The National Association of Energy Service Companies

17- Pace Law School Energy Project - December 5, 2000

18- The National Energy Modeling System: An Overview 2003 by Technology for the AEO2003 Reference Case

19- IEC 60364-1: Electrical installations of buildings — Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions. International Electrotechnical Commission, Geneva

20- Categories: Electricity distribution - IEC standards

21- National Academy of Sciences. 500 Fifth St. N.W., Washington, D.C. 20001.

ثالثا: مواقع إلكترونية علي الشبكة الدولية للمعلومات

١- موقع شركة كهرباء كاليفورنيا

2- www.hawaii.edu/powerkills/WF1.WORLD.JPG

3- http://www.cegco.com.jo/arb_pages/power_arb/power_map.html

4- http://www.necsudan.com/index.htm

5- http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Copyrights

6- http://en.wikipedia.org/wiki/Earthing_system

7- Internet site: Earthing system - Wikipedia, the free encyclopedia

8- http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Copyrights

9- http://Arab%20World%20Map.htm

10- www.econ.puc-rio.br

رقم الإيداع : 2007 / 9154

الترقيم الدولي [illegible] - [illegible]7 - 4635 - 9